

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO APLICADO A LA
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA UNIDADES MÉDICAS.**

**TOMANDO COMO MODELO “LA NUEVA UNIDAD MEDICA DEL INSTITUTO
PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS DEL VALLE DEL CAUCA”.**

**CAROLINA LOSADA LENIS
NELSON AUGUSTO LEAL GUIZA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO APLICADO A LA
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA UNIDADES MÉDICAS.**

**TOMANDO COMO MODELO “LA NUEVA UNIDAD MEDICA DEL INSTITUTO
PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS DEL VALLE DEL CAUCA”.**

**CAROLINA LOSADA LENIS
NELSON AUGUSTO LEAL GUIZA**

**Pasantía para optar el título de
Ingeniero Electricista**

**Director
CARLOS ALBERTO BORRERO MURILLO
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título Ingeniero electricista

Ing. YURI ULIANOV LOPEZ C
Firma del Jurado

Ing. CARLOS ALBERTO BORRERO
Firma del Director

Santiago de Cali, 21 de Noviembre de 2007

A Dios por permitirme llegar a culminar mi carrera iluminando el camino, dándome fuerza espiritual y salud.

A mi familia y en especial a mis padres Elpidia y Nelson por brindarme todo su apoyo.

A mi hijo David por ser la mayor motivación y el motor principal para terminar con éxito este proyecto. **Nelson A Leal**

De igual forma agradezco a Dios, a mi madre Piedad y a mi abuela Lilia ejemplo de superación y constancia que me enseñaron a perseverar para lograr alcanzar mis metas.

A mi hija Tatiana que es mi inspiración y lo más grande que existe en mi vida, que me acompañó a través de esta larga travesía de conocimiento dándome fuerzas, apoyo y aliento, hasta la culminación de mi carrera. **Carolina Losada**

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a:

Ingeniero Electricista Carlos Alberto Borrero Murillo, Director Académico del proyecto y Coordinador Departamento de planta física Universidad Autónoma de Occidente.

Ingeniero Diego Yugueros Izquierdo, Coordinador de Diseño y Construcción PROING S.A.

Ingeniero Electricista Oscar Francisco Gómez, Coordinador empresarial del proyecto, PROING S.A.

Ingeniero Electricista Jaime Ordóñez, Ingeniero de Planta, PROING S.A.

A todos ellos por su valiosa colaboración, orientación y por su constante participación, apoyo e interés.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	35
INTRODUCCIÓN	36
1. ANTECEDENTES	37
2. MARCO TEORICO	40
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	41
4. JUSTIFICACIÓN	42
5. OBJETIVO	44
5.1 OBJETIVO GENERAL	44
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	44
6. METODOLOGIA UTILIZADA EN LA REALIZACIÓN DEL MANUAL	46
6.1 PROCEDIMIENTO	46
7. MANUAL APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA UNIDADES MÉDICAS	48

	Pág.
7.1 DEFINICIONES SEGUN NTC 2050 CAPÍTULO 1 SECCIÓN 100	49
7.2 DEFINICIONES SEGUN NTC 2050 CAPÍTULO 5 SECCIÓN 517	70
8. DAÑOS AL SER HUMANO POR LA CORRIENTE ELÉCTRICA	82
8.1 INTRODUCCIÓN AL EFECTO DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO	82
8.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA	83
8.3 PARÁMETROS SUSCEPTIBLES QUE OBRAN SOBRE LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS	86
8.3.1 Variabilidad del umbral de percepción y corriente de pérdida del control motor	87
8.3.2 Frecuencia de la corriente	88
8.3.3 Duración de la exposición a la corriente eléctrica	88
8.3.4 Peso del cuerpo humano	89
8.3.5 Puntos de entrada de la corriente eléctrica	90
8.4 RIESGO DE DESCARGAS DEBIDAS AL EQUIPO ELÉCTRICO	91
8.4.1 Riesgo de Macroshock	91

	Pág.
8.4.2 Riesgo de Microshock	93
8.5 CIRCUITOS ELECTRICOS EQUIVALENTES EN LOS RIESGOS HOSPITALARIOS	96
8.6 CORRIENTE DE FUGA	98
9. ESPECIFICACIONES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA UNIDADES MÉDICAS	101
9.1 SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA	101
9.1.1 Sistema Eléctrico de Media Tensión 13.2kv	101
9.1.2 Sistema Baja Tensión	103
9.1.3 Tablero de Distribución o Panel de distribución	108
9.1.4 Ducteria	109
9.1.5 Cajas de paso y empalme	109
9.1.6 Cableado Circuitos Ramales	110
9.1.7 Tomacorriente	111
9.1.8 Interruptores eléctricos sencillos	114

	Pág.
9.1.9 Iluminación	115
9.2 SISTEMA ALTERNO DE POTENCIA EN INSTITUCIONES MÉDICAS	116
9.2.1 Sistema eléctrico esencial	116
9.2.2 Condiciones de los Sistemas eléctricos en hospitales	117
9.2.3 UPS	121
9.2.4 Planta de Emergencia	122
9.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA	124
9.3.1 Apantallamiento	124
9.3.2 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias DPS	128
9.3.3 Sistema de Puesta a Tierra (SPT)	129
9.3.4 Características de un SPT	131
9.3.5 Consecuencias de no tener un SPT	131
9.3.6 Elementos que componen una malla a tierra	134
10. NORMATIVIDAD PARA INSTALACIONES UNIDADES MEDICAS	160

	Pág.
10.1 CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE INST. ELECTRICAS	160
10.2 PROTOCOLOS DE PRUEBA	160
10.3 DECLARACIÓN DEL CONSTRUCTOR- RETIE	161
10.4 DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y CONFORMIDAD DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	162
11. CLASIFICACION DE LAS INSITUIONES HOSPITALARIAS	163
11.1 INTRODUCCIÓN A LA CLASIFICACION DE INSTALACIONES MÉDICAS	163
11.2 ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL A PACIENTES	164
11.2.1 Eficiencia de la puesta a tierra	165
11.2.2 Tomacorrientes del puesto de cama de paciente	165
11.2.3 Puesta a tierra e interconexiones	166
11.2.4 Inspecciones.	168
11.3 ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA	168
11.3.1 Eficiencia de la puesta a tierra	170

	Pág.
11.3.2 Tomacorrientes de puesto de cama de paciente.	170
11.3.3 Puesta a tierra e interconexión en la vecindad del paciente.	172
11.3.4 Puesta a tierra de la canalización del alimentador	174
11.3.5 Puesta a tierra de un sistema de potencia aislado.	174
11.3.6 Puesta a tierra de tomacorrientes especiales.	174
11.3.7 Técnicas adicionales de protección	175
11.3.8 Inspecciones.	176
11.4 ÁREAS HUMEDAS	176
11.4.1 Técnicas de protección	176
11.5 ÁREA PARA ANESTESIA	178
11.5.1 Lugares clasificados como peligrosos.	178
11.5.2 Lugares diferentes a los clasificados como peligrosos	178
11.5.3 Equipos y puestas a tierra.	179
11.6 PISCINAS TERAPEUTICAS Y BAÑERAS	180

	Pág.
11.6.1 Disposiciones generales	180
11.6.2 Piscinas terapéuticas instaladas permanentemente.	180
11.7 BAÑERAS TERAPÉUTICAS	184
11.7.1 Conexión	184
11.7.2 Métodos de conexión	185
11.7.3 Puesta a tierra	185
11.7.4 Métodos de puesta a tierra	185
11.7.5 Tomacorrientes	185
11.8 ÁREAS DISTINTAS A LAS ÁREA DE ATENCIÓN A PACIENTES	186
11.8.1 Comunicaciones	186
11.8.2 Oficinas Administrativas y salas de espera	187
11.8.3 Sistema contra incendio	187
12. MODELO LA “NUEVA UNIDAD MEDICA DEL INSTITUTO PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS DEL VALLE DEL CAUCA”	191
12.1 ESPECIFICACIONES DE MONTAJE “INSTITUTO NC & S”	192

	Pág.
12.2 ALCANCE DE LA OBRA “INSTITUTO NC & S”	193
12.3 MONTAJE ELÉCTRICO EN LA NUEVA UNIDAD DEL “INSTITUTO NC & S DEL VALLE DEL CAUCA”	194
12.3.1 Malla a tierra	194
12.3.2 Tubería o Ductos	195
12.3.3 Cajas para Salida	196
12.3.4 Tubería conduit metálica	203
12.3.5 Halado de los Cables en tubería conduit	204
12.3.6 Instalación de los cables e ductos porta cables	204
12.3.7 Conexión convencional de los cables	208
12.3.8 Identificación de los cables	209
12.3.9 Tensión de Servicio	209
12.3.10 Blindobarrajes	210
12.3.11 Identificación Cableado	215
12.3.12 Terminales de Media Tensión – 13.2 kV.	215

	Pág.
12.3.13 Celdas de Media Tensión	218
12.3.14 Transformador de Potencia	223
12.3.15 Barrajes	226
12.3.16 Tomacorrientes	227
12.3.17 Interruptores	230
12.3.18 Tableros para alumbrado y tomas	231
12.3.19 Interruptores termomagnéticos para circuitos de alumbrado y tomas generales a 208/120V	233
12.3.20 Planta de Emergencia	234
12.3.21 Sistema Ininterrumpidos de Potencia (UPS)	236
12.3.22 Luminarias tipo interior	239
12.3.23 Red de Cableado Estructurado	245
12.3.24 Sistema contra incendios y salidas de emergencia	249
12.3.25 Fotos de los Sectores Especiales	252
13. RECURSOS	255

	Pág.
13.1 RECURSOS HUMANOS	255
14. CONCLUSIONES	256
BIBLIOGRAFÍA	258
ANEXOS	260

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sala quirófano (pagina www.hospitalaria.com)	48
Figura 2. Armario Altis – CATALOGO LEGRAND	52
Figura 3. Tierra colectiva para equipos de servicio (NEC2005)	53
Figura 4. Vista frontal de una canalización de ductos (NEC2005)	54
Figura 5. Subestación encapsulada para 15 kv Carrefour Bogotá.CATALOGO LEGRAND	55
Figura 6. Tomacorriente y clavija con seguro de giro.CATALOGO LEGRAND 50	56
Figura 7. Conduletas (Tipo TEE, LB, LR, C) CATALOGO RADWELT	59
Figura 8. Interruptor de potencia tipo abierto de 3200 a 4000 versión extraíble DMX4000 - CATALOGO LEGRAND	60
Figura 9. Disyuntor ajustable (CATALOGO SQUARE D)	61
Figura 10. Tipo de enchufe de unión Portátil de GFCI (LEGRAND)	62
Figura 11. Interruptores en caja moldeada DPX .CATALOGO LEGRAND	62

	Pág.
Figura 12,13, 14 Breaker de riel (Monofásico, Bifásico, Trifásico) - CATALOGO LEGRAND	63
Figura 15. Fusibles de potencia tipo extinción de arco (NEC2005	68
Figura 16. Porta fusible modular CATALOGO LEGRAND	69
Figura 17. Fusible cilíndricoHRC para porta fusible DX10A. LEGRAN)	69
Figura 18. Seccionador tripolar con sus respectivos fusibles. (NEC2005)	70
Figura 19. Monitor de aislamiento, carga y temperatura (A-ISOMETER® 107TD47) CATALOGO BENDER GROUP.	75
Figura 20. Diagrama unifilar de monitor de aislamiento	75
Figura 21. Tomacorriente Doble GFCI CATALOGO LEVITON	78
Figura 22. Tomacorriente Doble GFCI CATALOGO HUBBELL	79
Figura 23. Transformador de aislamiento monofásico. CATALOGO BELDEN GROUP	79
Figura 24. Transformador de aislamiento trifásico DS0107. CATALOGO BELDEN GROUP	80
Figuras 25 y 26. Compartimiento que contiene el transformador de aislamiento monofásico o trifásico. CATALOGO BELDEN GROUP	80

	Pág.
Figura 27. Seguridad Eléctrica para Hospitales	82
Figura 28. Efectos de la corriente en el organismo – Ingeniería Clínica, Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis,2006	85
Figura 29. Rango de los umbrales de las corrientes de percepción y de pérdida de control. Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica	87
Figura 30. Curva de corriente de pérdida de control y frecuencia. Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica	88
Figura 31. Corrientes umbrales para producir fibrilación ventricular en animales a 60 Hz Universidad de Alcalá Ingeniería biomédica	89
Figura 32. Mínima corriente de fibrilación en función del peso. Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica	90
Figura 33. Efectos de los puntos de entrada en la distribución de la corriente por el cuerpo.Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica	91
Figura 34. Riesgos de macroshock. Universidad de Alcalá Ingeniería	92
Figura 35. Riesgo de microshock. Universidad de Alcalá Ingeniería	93
Figura 36. Superficie no conectada a tierra. Universidad de Alcalá Ingeniería biomédica	95
Figura 37. Equipos conectados a diferentes potenciales de masa - Universidad de Alcalá Ingeniería biomédica	96

	Pág.
Figura 38 a) Microshock provocado por catéter en el corazón. b) Otra situación de microshock. c) Circuito equivalente para a). d) circuito equivalente para b). - Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica	97
Figura 39. a) Riesgo de microshock debido a la existencia de equipos conectados a diferentes potenciales de masa. b) Circuito equivalente - Universidad de Alcalá Ingeniería biomédica	98
Figura 40. Peligro de Macroshok –Ingeniería Clínica Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	99
Figura 41. Riesgo de microshok - Ingeniería Clínica Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	99
Figura 42. Analizador de Seguridad Eléctrica Modelo 6100 de Quadtech	100
Figura 43. Tablero de distribución con SPT (NEC2005)	109
Figura 44. Tomacorriente doble con polo a tierra (NEC2005)	111
Figura 45, 46, 47 y 48. Diferentes clases de Tomacorrientes Dobles Grado Hospitalario CATALOGO HUBBELL	112
Figura 49. Tomacorriente con terminal de puesta a tierra aislado	113
Figura 50. Tomacorriente doble grado hospitalario con puesta a tierra aislado. CATALOGO HUBBELL	114
Figura 51. Interruptor con SPT. NEC 2005	114

	Pág.
Figura 52. Sistema eléctrico esencial en un hospital. NCT 2050	116
Figura 53. Sistema eléctrico ampliado típico de hospitales. NCT 2050	119
Figura 54. Sistema eléctrico pequeño en un hospital (con un solo conmutador de transferencia) NCT 2050	120
Figura 55. UPS Trifásica Sunstone DE 30 KVA	121
Figura 56. UPS Trifásica Galaxy 6000 KVA	122
Figura 57. Esquema de una planta de emergencia. (NEC 2005)	123
Figura 58. Método electrogeométrico	125
Figura 59. Pararrayos Tipo FRANKLIN, de (1) punta, Base a Mástil, Catalogo A-200 Praca	126
Figura 60. Pararrayos con dispositivo de cebado normalizado UNE 21-186 y NFC 17-10. Catalogo Fervisa	126
Figura 61. Pararrayos Tipo FRANKLIN, de (1) punta, Base Retráctil, Catalogo A-102. Praca	127
Figura 62. Apantallamiento y SPT para edificios. Tierras Fabio Casas Ospina	128
Figura 63. Constitución de un sistema de puesta a tierra. Tierras Fabio Casas Ospina	130

	Pág.
Figura 64. Espacio entre electrodos de puesta a tierra (NEC2005)	134
Figura 65. Disposición de Electrodos de SPT. Tierras Fabio Casas	136
Figura 66. Conexión a SPT de tubería conduit metálica (NE2005)	138
Figura 67. Conexiones Mecánicas – Tierras Fabio Casas Ospina	139
Figura 68. Conexiones Exotérmicas. Tierras Fabio Casas Ospina	140
Figura 69. Proceso de aplicación de soldadura exotérmica. Tierras Fabio Casas Ospina	141
Figura 70. Malla de alta frecuencia. Tierras Fabio Casas Ospina	142
Figura 71. SPT Sala de Quirófanos. Tierras Fabio Casas Ospina	143
Figura 72. Interconexión de SPT dedicadas e interconectadas. RETIE	146
Figura 73. Conexión prohibida una sola puesta a tierra para todas las necesidades RETIE	147
Figura 74. Conexión prohibida SPT separadas o independientes RETIE	147
Figura 75. Barraje Equipotencial –Tierras Fabio Casas Ospina	148
Figura 76. Puente equipotencial (NEC 2005)	149

	Pág.
Figura 77 y 78. Conexión a tierra de caja galvanizada para tomacorriente. NEC 2005	149
Figura 79. Método de la curva de caída de potencia. Tierras Fabio Casas Ospina	154
Figura 80. Esquema de conexión del telurómetro para el método de la caída de potencial. CATALO FLUYE	155
Figura 81. Posiciones de las picas para el método de la regla del 62%. CATALO FLUYE	157
Figura 82. Montajes para medición de Tensiones de paso y de contacto. Tierras Fabio Casas Ospina	159
Figura 83. Tomacorriente grado hospitalario. NEC 2005	166
Figura 84. Lámpara con SPT	166
Figura 85. Interconexión de SPT de tablero y toma corriente. NEC 2005	167
Figura 86. Interconexión de SPT de tablero y estructura. NEC2005	167
Figura 87. Ejemplo de instalación del sistema eléctrico en un quirófano. Catalogo Bender Group.	169
Figura 88. Límite de impedancia de un tomacorriente grado hospitalario. Ingeniería Clínica Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	170

	Pág.
Figura 89. Ejemplo de circuitos normal y de emergencia para suplir tomacorrientes en camas de pacientes en aéreas de cuidado crítico.	171
Figura 90. Zona prohibida para equipos sin toma de tierra. Ingeniería Clínica Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	172
Figura 91. Puesta a tierra e interconexiones en la vecindad del paciente. Ministerio de Salud, Instalaciones Eléctricas Hospitalarias	173
Figura 92. Conexiones para equipos sensibles.	175
Figura 93. Tomacorriente GFCI en baños. NEC 2005	177
Figura 94 Toma corriente GFCI. NEC 2005	178
Figura 95. Disposición de tomacorriente GFCI en área de piscina	181
Figura 96. SPT para piscina. NCE 2005	181
Figura 97. Caja típica de alarma contra incendios manual. LEGRAND	188
Figura 98. Detector de humo de tipo de punto típico. LEGRAND	189
Figura 99. Unidad de control de alarma contra incendios. LEGRAND	190
Figura 100. Prensacable. CATALOGO LEGRAND	209
Figura 101. Señalización de salida de emergencia. LEGRAND	250

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Acometida Aérea de Media Tensión.	50
Foto 2 y 3. Acometida subterránea de Media Tensión.	51
Foto 4. Transferencia automática	58
Foto 5. INSTITUTO NC & S del Valle del Cauca – Cali	74
Foto 6. Acometida aérea de media tensión 13.2 kv	101
Foto 7. Celda de media tensión con seccionador de vacío	102
Foto 8. Celda de protección Instituto NC & S de Valle del Cauca	102
Foto 9. Subestación Instituto Niños Ciegos y Sordos	103
Foto 10. Encerramiento de subestación Instituto NC & S	103
Foto 11. Celda de baja tensión Instituto NC & S	104
Foto 12. Codo especial de conexión del blindobarraje.	106
Foto 13. Transición horizontal a vertical del blindo por buitrón	106

	Pág.
Foto 14. Bandeja Portacables	107
Foto 15 y 16. Bandeja Portacables.	107
Foto 17. Cableado por Bandeja Portacables.	108
Foto 18. Planta de Emergencia	124
Foto 19 y 20. Adhesivo y Piso Conductivos para área de quirófanos	144
Foto 21 y 22. Cinta de Cobre conexión SPT sala de quirófanos	144
Foto 23. Piso conductivo terminado en sala de quirófanos	145
Foto 24. Cinta de Cobre conexión SPT en sala de observación	145
Foto 25. Equipo de Medición de SPT	156
Foto 26. Centro de control de señal y comunicación	187
Foto 27. Red de voz y datos Instituto NC & S. Cali	187
Foto 28. Sistema de alarma contra incendió, lámpara rutilante y sonora	189
Foto 29. Fachada Instituto Niño Ciegos y Sordos – Cali	191
Foto 30. Valla informativa de la Obra Instituto NC & C – Cali	192

	Pág.
Foto 31. a) y b)Tubería pvc sala de quirófanos	195
Foto 32. Caja pvc de 2"x4" .	197
Foto 33. Caja pvc 4"x4".	197
Foto 34. Caja galvanizada 4"x4".	198
Foto 35. Caja FS de varias salidas. CATALOGO RADWELT	198
Foto 36. Caja FS de 4 salidas de $\frac{3}{4}$ ". CATALOGO RADWELT	199
Foto 37.Caja FD de 5 salidas de $\frac{3}{4}$ ". CATALOGO RADWELT	199
Foto 38. Disposición de tomacorriente consultorio.	200
Foto 39. Disposición de tomacorrientes sala de observación.	201
Foto 40. a) y 40 b). Disposición de cajas de salida para quirófano 1 en construcción	201
Foto 41. Quirófano 1, terminado	202
Foto 42. Tubería EMT de $\frac{3}{4}$ " y caja galvanizada 4"x4", sótano parqueadero	203
Foto 43. Tubería EMT $\frac{3}{4}$ ", caja FS de 1 salida a $\frac{3}{4}$ " y tomacorriente normal con polo a tierra	203

	Pág.
Foto 44. Tubería conduit galvanizada 1", cofre y tableros de UPS, cuarto piso.	204
Foto 45. Instalación de bandeja portacable salida tablero transferencia	206
Foto 46. Instalación de bandeja llegada a blindobarraje.	207
Foto 47. Peinado de Cable de fuerza por bandeja portacable.	207
Foto 48. Bajante de ducteria por buitrón	208
Foto 49. Curva de bandeja portacable.	208
Foto 50. Elemento Terminal de conexión de blindobarraje.	212
Foto 51. Disposición vertical en buitrón del blindobarraje.	213
Foto 52. Elemento Terminal de conexión del blindobarraje	213
Foto 53. Cajas de salida de blindobarraje para alimentación a tableros	214
Foto 54. Disposición horizontal Blindobarraje sótano terminado.	214
Foto 55. Disposición de terminales transformador de 500KVA	216
Foto 56 .Terminal premoldeado cal. 500MCM Transformador 500KVA	217
Foto 57. Disposición de terminales transformador de 500KVA	217

	Pág.
Foto 58. Celda de Media tensión	219
Foto 59. Celda de Protección	222
Foto 60. Armado de Celda de Protección.	223
Foto 61. Celda de transformador de 500KVA.	224
Foto 62. Compartimiento abierto de la celda del transformador de 500KVA.	225
Foto 63. Transformador tipo seco de 500KVA	226
Foto 64. Barraje de conexión de celda de media tensión	227
Foto 65. Disposición de tomacorrientes normales, regulados y voz datos.	228
Foto 66. Tomacorriente doble grado hospitalario con tierra aislada	229
Foto 67. Tomacorriente doble regulado grado hospitalario con tierra aislada.	229
Foto 68. Tomacorriente doble regulado grado hospitalario en unidad móvil de sala de cirugía.	230
Foto 69. a) y b). Montaje de interruptor. Leviton.	231
Foto 70. a) y b) Tableros de distribución de alumbrado y tomas, ubicados en el cuarto eléctrico	232

	Pág.
Foto 71. Tablero con breaker monopolaes circuitos de tomas.	234
Foto 72. a y b). Cabina insonora de planta de emergencia en el sótano del Instituto NC & S. Cali	235
Foto 73. Planta de emergencia	236
Foto 74. UPS 5KVA para tomacorrientes regulados en sala de cirugía.	238
Foto 75. UPS 11KVA para tomacorrientes regulados en áreas generales	238
Foto 76. Tableros regulados, UPS y trasformador de aislamiento.	239
Foto 77. Espacio en cielo falso para luminaria de sobreponer.	241
Foto 78. Luminaria de sobreponer instalada en cielo falso	241
Foto 79. a) Espacio en cielo falso para luminaria de sobreponer pasillo de consultorios	242
Foto 79. b). Luminaria de sobre instalada en pasillo de consultorios.	242
Foto 80. Luminaria de emergencia	243
Foto 81.a) Espacio en cielo falso para luminaria de tipo bala.	243
Foto 82. Buena iluminación para sala de cuidados intensivos.	244

	Pág.
Foto 83 .Punto de voz y datos, conexión computadores	246
Foto 84. Punto de voz y datos, tomacorriente regulado y tomacorriente normal en consultorio.	247
Foto 85. Espacio para punto de red.	247
Foto 86. Distribución de tomas en sala de cirugía.	248
Foto 87. Interruptor de encendió del sistema de alarma contra incendio.	249
Foto 88. Lámpara rutilante y sonora.	249
Foto 89 .a) y b) Salida de Emergencia.	250
Foto 90. a) y b) Sala de quirófano con equipos especiales	252
Foto 91. a) y b). Sala de Observación en el Instituto NC & S. Cali	254

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Efectos de Corriente Eléctrica - Ingeniería Clínica, Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	85
Tabla 2. Código de colores para conductores, RETIE Tabla 13	105
Tabla 3. Niveles típicos de iluminancia, adoptados de la Norma ISO 8995 del RETIE Tabla 25	116
Tabla 4. Requisitos para electrodos de puesta a tierra	137
Tabla 5. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra	152
Tabla 6. Tabla de Posición de picas para el método del 62%. FLUYE	157
Tabla 7. Máxima diferencia de potencial permitida en la proximidad del paciente. Ingeniería Clínica Prof. Ernesto B. Rodríguez Denis, 2006	170

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado. NTC2050	260
Anexo B. Tabla 220-3(b) .Cargas de iluminación general por tipo de edificio. NTC2050	260
Anexo C. Tabla 250-94 Conductor del electrodo de puesta a tierra de instalaciones de c.a. NTC 2050	261
Anexo D. Tabla 250-95 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y equipos. NTC 2050	262
Anexo E. Tabla 310-16 Intensidad máxima permanente admisible de conductores aislados para 0 a 2.000 voltios nominales y 60°C a 90°C (140°F a 194°F). No más de tres conductores en tensión en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C (86°F).NTC2050	263
Anexo F. Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2.000 voltios nominales al aire libre y una temperatura del aire ambiente de 30°C (86°F). NTC2050	264
Anexo G. Tabla 310-18 Capacidad de corriente permisible de tres conductores sencillos aislados de 0 a 2.000 voltios, de 150°C a 250°C (302°F a 482°F) en canalizaciones o cables, para un a temperatura ambiente de 40°C (140°F). NTC2050	265

	Pág.
Anexo H. Tabla 310-19 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados de 0 a 2.000 voltios, de 150°C a 250°C (302°F a 482°F) en canalizaciones o cables, para una temperatura ambiente de 40°C (140°F)	266
Anexo I. Tabla 370-16(a) Cajas metálicas. NTC2050	267
Anexo J. Tabla 370-16(b) Volumen de las cajas por cada conductor. NTC2050	268
Anexo K. Tabla 400-4 Cables y cordones flexibles (ver la Sección 400-4). NTC2050	268
Anexo L. Tabla 402-3 Cables para aparatos. NTC2050	272
Anexo M. Tabla 450-3(a)(1) Transformadores de más de 600 voltios. NTC2050	274
Anexo N. Transformadores de más de 600 voltios en lugares vigilados. NTC2050	275
Anexo Ñ. Alumbrado publico sobre rack	276
Anexo O. Alumbrado publico en muro de concreto	277
Anexo P. Montaje luminaria hermética ambientes severos baranda	278
Anexo Q. Montaje luminaria 2X32W	279
Anexo R. Montaje luminaria tipo fluorescente en losa de hormigón	280

	Pág.
Anexo S. Montaje luminaria fluorescente en losa de hormigón	281
Anexo T. Montaje luminaria tipo fluorescente en panel yeso	282
Anexo U. Interruptor de alumbrado sobre muro de hormigón	283
Anexo V. Montaje de pulsador de alumbrado sobre estructura metálica	284
Anexo W. Montaje de tomacorriente a 110/220vac normal y regulado	285
Anexo X. Montaje de tomacorriente tipo GFCI	286

RESUMEN

Como consecuencia directa de un nuevo marco en temas de reglamentación a nivel mundial. Terminología como homologación y Normas Técnicas Colombianas oficiales, perdieron vigencia. Ahora el esquema se basa “Reglamentos Técnicos” de carácter obligatorio. Esto debido al aumento progresivo del consumo de la energía eléctrica en la vida actual, que obliga a establecer unas exigencias y especificaciones que **garanticen la seguridad de las personas.**

Este Reglamento, define el lugar de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las empresas; en nuestro caso Unidades Médicas.

Se espera que los profesionales apliquen las normas con ética en Colombia, pero la falta de documentación en forma didáctica con lleva a que algunos realicen una interpretación equivocada de algunas normas, esto en especial aquellos que no han tenido contacto con industria y llegan de un pregrado (ingenierías como son electricistas, industriales, biomédicos) a realizar cambios a las industrias con una gran falencia en aspectos técnicos, debido al desconocimiento de equipos, materiales y herramientas adecuadas para cada instalación eléctrica.

Este manual muestra la forma adecuada de instalación de casi todos los requerimientos eléctricos que se deben cumplir según la norma técnica Colombiana el RETIE, para Unidades Médicas.

Documento asequible para todas las personas de profesiones afines que en algún momento deben tomar decisiones sobre problemas de índole eléctrico de una instalación como está.

INTRODUCCIÓN

Desde el diseño de toda instalación eléctrica de una institución hospitalaria hasta el montaje de los equipos médicos, cada vez más sofisticados y sensibles, vemos la necesidad de tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante mejorando la seguridad de los pacientes y confiabilidad de los equipos. Perfeccionando entre otros las puestas a tierra de los mismos y redundancia de los sistemas eléctrico para evitar daños y tener siempre la disponibilidad sobre todo de los equipos médicos especiales.

Este manual esta dirigido al personal técnico y/o profesional encargado de las instalaciones eléctricas de las instituciones dedicadas al cuidado de la salud para seguir un procedimiento de manera confiable y segura; contiene los principales criterios de las normas reglamentadas en Colombia por el RETIE, NTC 2050; de manera didáctica ya que en las normas nos dice el “como” mas no muestra “esquemas” donde podamos confirmar la norma de una manera ilustrada.

Con respecto a lo anterior se elabora un procedimiento o manual donde se encuentre desde la necesidad del cliente con respecto al diseño de la instalación eléctrica hospitalaria hasta el montaje de los equipos médicos de dicha instalación.

1. ANTECEDENTES

Como antecedentes para este proyecto se consiguen empresas para la capacitación en instalaciones eléctricas hospitalarias como son:

- CIDET - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Sector Eléctrico Colombiano.

Instalaciones Eléctricas Hospitalarias

Objetivos del Curso: Preparar a los profesionales para la correcta interpretación y aplicación del Código Eléctrico Colombiano en instalaciones hospitalarias, en concordancia con las exigencias del RETIE.

Dirigido: Ingenieros electricistas

Contenido:

Contexto de las Instalaciones Hospitalarias
Alcance y Definiciones Claves
Requisitos Particulares del RETIE
Criterios de diseño de instalaciones hospitalarias
Alambrado y Protección (SPT, GFCI, GFP)
Sistema Eléctrico Esencial y Fuentes de Energía
Lugares de Anestesia y Áreas Clasificadas
Instalaciones R-X
Sistemas de Comunicaciones
Sistemas de Potencia Aislada
Criterios de Inspección y Mantenimiento
Remodelaciones
Iluminación
Equipo Médico y Preinstalaciones
Conceptos Básicos de Gases Medicinales
Taller Práctico con Análisis de Casos Reales

- COTECNA Certificadora de Services Ltda.

Tiene como misión la verificación de aspectos y certificación de productos en diferentes sectores con los procedimientos, equipos y personal calificado bajo lineamientos de normas nacionales e internacionales.

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) entrará en vigencia muy pronto, el objeto fundamental de este Reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Este reglamento es de carácter obligatorio.

Dirigido a: Empresas de Ingeniería en diseño de instalaciones y redes eléctricas; constructores de instalaciones eléctricas; constructores en general; importadores, productores y comercializadores de equipos eléctricos; contratistas electricistas; ingenieros, tecnólogos y técnicos relacionados con la electricidad; industrias, hospitales, instalaciones agrícolas, centros comerciales.

Objetivos.

- Informar sobre el nuevo orden en el comercio mundial en cuanto al Acuerdo sobre obstáculos técnicos al comercio.
- Dar a conocer el RETIE, su campo de aplicación.
- Sus novedades en cuanto a definiciones, simbología, señalización, comunicaciones por radio, distancia de seguridad, campos electromagnéticos, puesta a tierra, iluminación, requisitos de productos.
- Los procesos involucrados con la energía (generación, transmisión, transformación, distribución y utilización).
- Requisitos de los profesionales electricistas (ya sean Ingenieros, Tecnólogos o Técnicos)
- Informar sobre la aplicación de un Certificado de Conformidad para todo lo relacionado con las instalaciones eléctricas.

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE – Ingeniería Biomédica

Dentro de su pensum contiene materia afines con la ingeniería eléctrica y electrónica como son:

- Introducción a la Ingeniería I
- Introducción a la Ingeniería II
- Diseño Básico
- Circuitos I
- Electrónica I
- Electrónica Digital
- Diseño Lógico I
- Diseño Lógico II
- Control I
- Control II

2. MARCO TEORICO

Es importante resaltar el invaluable valor agregado que representa para el país el RETIE que volvió ley la aplicación del Código Eléctrico Colombiano (CEC), dado que es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros usados y válidos mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

El ICONTEC entrega al país esta primera actualización de la NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano (CEC), fruto del análisis de un grupo de profesionales que participaron en el Comité Técnico 383000. El trabajo realizado recoge el interés general del sector eléctrico colombiano por lograr un primer acercamiento a las condiciones particulares de nuestro país, sin dejar de lado las condiciones socioeconómicas específicas de las diferentes regiones, razón por la cual se encontraran nuevas disposiciones o modificaciones significativas a disposiciones existentes. Se pretende, además, estar al día en aspectos no considerados en el Código anterior, por ejemplo el desarrollo de productos y tecnologías nuevas, ó la experiencia acumulada en al aplicación de la norma.

Los cambios en los artículos y las secciones nuevas de esta primera Actualización frente a la edición del Código Eléctrico NCT 2050, aprobado en 1985. En el capítulo 5, Ambientales Especiales, no se hace dicha indicación, ya que los cambios son prácticamente totales debido al acercamiento que se hace a las normas IEC (en las secciones 500 a 516), a las innovaciones tecnológicas en el campo de la seguridad para las personas en instituciones de asistencia médica (en la sección 517) y a la ampliación de requisitos de seguridad (en las demás secciones).

De igual forma el Ministerio de Minas y Energía comparte el interés sobre la protección, seguridad y confiabilidad de los sistemas eléctricos que estén instalados en las unidades médicas, por tal motivo nuestro manual esta incluido en todo las condiciones de mejora para disponer de un servicio en condiciones favorables para los pacientes ya que da una ampliación de la norma gracias a la ilustración de ella.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de aplicación de normas eléctricas (NTC 2050 capítulo 5 sección 517 – RETIE capítulo 7 artículo 41) en las instalaciones médicas da como resultado mal funcionamiento y falta de confiabilidad en los equipos médicos, protección de los pacientes y demás personas que laboren o visiten la institución, reduciendo al mínimo los riesgos eléctricos que puedan producir electrocución ó quemaduras en las personas e incendios y explosiones en las áreas médicas.

Este proyecto busca mostrar cómo se deben cumplir con todos los requerimientos técnicos que exige la normatividad colombiana y los diferentes fabricantes de equipos, con el fin de obtener un funcionamiento seguro y confiable de los mismos, a través de un manual práctico para el ingeniero electricista o rama afín que tenga que ver con proyectos de esta envergadura.

4. JUSTIFICACIÓN

Luego de la aprobación del RETIE y su publicación en el año de 2004, es de gran importancia para las empresas del Sector Eléctrico, prepararse para la adecuada implementación de las directrices dadas en este reglamento. Este nuevo entorno para las Instalaciones Eléctricas en Colombia aplica para todas las instalaciones eléctricas desde la generación, la transformación, la transmisión, la distribución llegando hasta el usuario final, y a todos los procesos pasando desde el diseño, dirección, construcción, supervisión, el mantenimiento y la inspección de las instalaciones. Entre otros aspectos, se introduce la figura de la Inspectoría de Instalaciones Eléctricas, para la cual los ingenieros y técnicos electricistas y electromecánicos deben prepararse y tener la competencia para adelantar dichas inspecciones.

Para efectos del presente reglamento en las instalaciones hospitalarias se debe cumplir lo establecido en la norma NTC 2050 del 25 de noviembre de 1998 particularmente su sección 517, y el RETIE capítulo 7 artículo No.41.

En las instalaciones para el cuidado de la salud es difícil prevenir la aparición de trayectorias conductivas o capacitivas entre el cuerpo de un paciente y algún objeto puesto a tierra, porque esta trayectoria podría establecerse accidentalmente o a través de los instrumentos conectados directamente al paciente, además cualquier superficie conductora de electricidad que eventualmente entre en contacto con el paciente o los aparatos a el conectados, son posibles fuentes de corrientes eléctricas que circularan por su cuerpo. El peligro aumenta a medida que aumenta el número de aparatos electromédicos que son usados en el paciente, y por tanto es indispensable intensificar las precauciones.

El control de los perjuicios causados por un choque eléctrico requiere limitar la corriente que fluirá por un circuito que incluye el cuerpo del paciente; este objetivo puede lograrse mediante el aumento de la resistencia del circuito, aislamiento de las superficies expuestas que podrían energizarse, o reduciendo la diferencia de potencial que puede existir entre las superficies conductoras descubiertas en la vecindad del paciente o mediante una combinación de estos métodos.

Consideramos que debemos aplicar de forma adicional a las normas una guía práctica de estas dando a la persona que realiza la instalación una representación ilustrada de la norma a seguir para la protección de los equipos y en especial del paciente, trabajadores y visitantes que ingresen a las instalaciones médicas.

Las técnicas de seguridad en equipos médicos se han incrementado apreciablemente en los últimos años. No solo han aumentado el número de equipos para el diagnóstico y la terapia, sino también su potencia y complejidad, por otra parte, cuando es necesario, varios equipos y hasta una instalación completa son usadas sobre un solo paciente, debiéndose prestar especial atención al modo en que todos estos equipos y medios se relacionan con el paciente de forma tal que el riesgo de choque eléctrico sea prácticamente imposible. Médica y técnicamente el diseño del equipo por si solo no garantiza la protección al paciente, es necesario, conjugar este con las medidas de seguridad en su instalación y durante su empleo, todos en óptima combinación.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un manual o procedimiento que servirá de guía para posteriores construcciones eléctricas en instalaciones hospitalarias de manera práctica para obtener los resultados más óptimos en cuanto a diseño eléctrico y montaje de equipos eléctricos especiales en el área de la salud, verificando el cumplimiento de las normas del RETIE y el Código Eléctrico Colombiano.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Orientar de manera ilustrada al ingeniero electricista en proceso de diseño y montaje de sistemas eléctricos en las unidades médicas cumpliendo con las normas.
- Realizar un manual de uso general que este a disposición de todo tipo de ingenierías como son eléctrico, electrónico, biomédica y afines que logre dar un claro entendimiento de la norma aplicada a la instalación de los equipos eléctricos en unidades médicas.
- Proteger la vida de los pacientes y personas que laboran en las instalaciones hospitalarias gracias a la utilización de los requisitos y prescripciones técnicas del RETIE, NTC 2050 por medio de esquemas claros y tomando ejemplos en referencia a la nueva Unidad del Instituto Niños Ciegos y Sordos.
- Aplicar de forma específica las normas NTC2050 y RETIE, para instalaciones eléctricas hospitalarias con el fin de lograr que los usuarios finales como son las Unidades Médicas, cumplan con las normas y no lleguen a ser sancionadas por la aplicación de estas en forma inadecuada.
- Obtener un procedimiento, paso a paso de como se debe enfrentar una instalación eléctrica en instituciones de asistencia médica, desde el diseño de la subestación aplicando los respectivos circuitos normalizados de respaldo hasta montar el equipo ó la salida, cubriendo de esta manera toda la normatividad dispuesta en el RETIE y el Código Eléctrico Colombiano NCT2050.

- Aplicar de forma clara y confiable las normas nacionales e internacionales en la disposición de puesta a tierra dando un modelo ó diagrama fácil de entender para aquella persona que deba realizar el montaje.
- Se producirá un manual en forma de catálogo donde se especifique la norma, la foto y el diagrama unifilar general del Instituto NC & S del Valle del Cauca como ejemplo de instalación.

6. METODOLOGIA UTILIZADA EN LA REALIZACIÓN DEL MANUAL

6.1. PROCEDIMIENTO

El procedimiento para realizar este manual según normas requeridas en Colombia en las instalaciones eléctricas de unidades médicas es el siguiente:

- Se recopila la información de las normas pertinentes a instalaciones médicas.
- Documentar las normas eléctricas NTC 2050, y RETIE, para instalaciones médicas.
- Se recoge información (fotos) del Instituto Niños Ciegos y Sordos para dar ejemplos de las instalaciones eléctricas del instituto.
- Elaborar el diagrama unifilar de la subestación y la ilustración de cómo debe montarse. Donde muestre una adecuada coordinación de las protecciones eléctricas para garantizar selectividad del sistema, conservando continuidad del servicio.
- Se elabora un manual en forma de catálogo donde se especifique la norma y la foto como ejemplo de instalación.
- Elaborar un sistema de selectividad de protección contra fallas a tierra que funcionen en la acometida y los medios de desconexión del alimentador, deben ser totalmente selectivos de modo que, cuando produzca una falla en lado de la carga de dispositivo de protección del alimentador, se abra el dispositivo de protección del alimentador y no el de la acometida.
- En este manual se tomará en cuenta la Compatibilidad Electromagnética (EMC) que es la armonía que se presenta en un ambiente electromagnético, en el cual operan equipos receptores cumpliendo con sus funciones satisfactoriamente, esto con el fin de diseñar y construir los SPT dentro del marco de la EMC.
- Se documentará los sistemas de puesta a tierra (SPT) que son componentes cada vez más importantes en los sistemas eléctricos, puesto que

- además de permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas originadas por rayos, electricidad estáticas o fallas del sistema, deben poseer capacidad de dispersión y disipación de las fallas, sin que se presenten potenciales peligrosos en la superficie.
- Dentro de las medidas de protección se incluirá el apantallamiento contra los efectos o perturbaciones de campos electromagnéticos.
- En este manual se encontrará como se debe instalar una fuente alterna de suministro de energía eléctrica a través de una planta de emergencia en todo centro hospitalario de nivel II, que opere dentro de los 10 segundos después del corte. También debe tener un sistema de transferencia automática debido a que la continuidad del servicio es esencial para la seguridad. Así como estas norma y todas la aplicadas en el artículo No.41 “Requisitos para Instalaciones Hospitalarias” y la sección No.517 “Instituciones de Asistencia Medica” del NTC 2050; serán aplicadas en el procedimiento de la infraestructura eléctrica para unidades médicas a través de esquemas, isométricos, unifilares, fotos donde se ilustre la forma adecuada de la instalación.

7. MANUAL APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA UNIDADES MÉDICAS

A continuación se desglosa todos los puntos considerados básicos y de importancia para la instalación eléctrica hospitalaria desde el diseño hasta las salidas de equipos para cuidado de los pacientes.

Figura 1. Sala quirófano



Fuente: Fichas técnicas de arquitectura e ingeniería hospitalaria. Bloque Quirúrgico: Sistema de Seguridad Eléctrica [en línea]. España: Hospitecnia, 2006. [Consultado 14 de junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hospitecnia.com.html>

Se tomará como guía el NTC2050 para crear una secuencia de ideas e ilustraciones aplicadas al Código Eléctrico Colombiano donde oriente al ingeniero o técnico de cualquier carrera afín hacia las definiciones y aplicaciones de contextos eléctricos de montaje e ingeniería hospitalaria. A continuación se toman las definiciones textuales de los capítulos 1 y 5, sección

100 Instalaciones eléctricas y sección 517 de Instituciones de Asistencia Médica, dando una idea teórica e ilustrada con diagramas, dibujos o fotos donde se pueda ver y entender de manera concreta a que se refiere cualquier aplicación, de igual forma no están todos los artículos de las secciones del NTC2050 ya que sería tema de otro proyecto, **“cualquier ampliación deben referirse al Código NTC2050”**.

A continuación se encuentran algunas de las definiciones que se aplican a nuestro proyecto.

7.1. DEFINICIONES SEGUN NTC 2050 CAPÍTULO 1 SECCIÓN 100

- **Definiciones Generales**

A la vista de: cuando este código especifica que un equipo debe estar **a la vista de** otro equipo o lugar, significa que el equipo debe ser visible desde el otro y no debe estar a más de 15,0 m de él.

A prueba de agua: construido de modo que el agua no entre en el cerramiento, en condiciones dadas de ensayo.

A prueba de intemperie: construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

Nota. Los equipos impermeables a la lluvia, protegidos contra la lluvia o contra el agua, pueden cumplir los requisitos de intemperie si no influyen otros factores atmosféricos variables distintos de la humedad, como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

A prueba de lluvia: construido, tratado o protegido de modo que su exposición a la lluvia no interfiera con el correcto funcionamiento de un aparato en condiciones específicas de ensayo.

A prueba de polvo: construido o protegido de modo que el polvo no interfiere con su buen funcionamiento.

Accesible (referido a los equipos): equipo al que se puede acercarse una persona: no está protegido por puerta con cerradura, por elevación ni por cualquier otro medio efectivo.

Acometida: derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Nota. Véase la Ley 142 del 11 de julio de 1994.

Acometida aérea: los conductores aéreos de acometida que van desde el último poste o soporte aéreo, incluidos los conectores de derivación, si los hay, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación u otra estructura.

Foto 1. Acometida Aérea de Media Tensión



Acometida subterránea: conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación. Si no existe tablero general, tablero de medidores u

otro con espacio adecuado, se debe considerar que el punto de conexión es el de entrada de los conductores de acometida al edificio.

Foto 2. Acometida subterránea de Media Tensión



Foto 3. Acometida subterránea de Media Tensión



Alimentador: todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Armario o gabinete: caja diseñada para instalarse de forma empotrada, sobrepuesta o autosoportada, provista de un marco, del cual se sostienen las puertas.

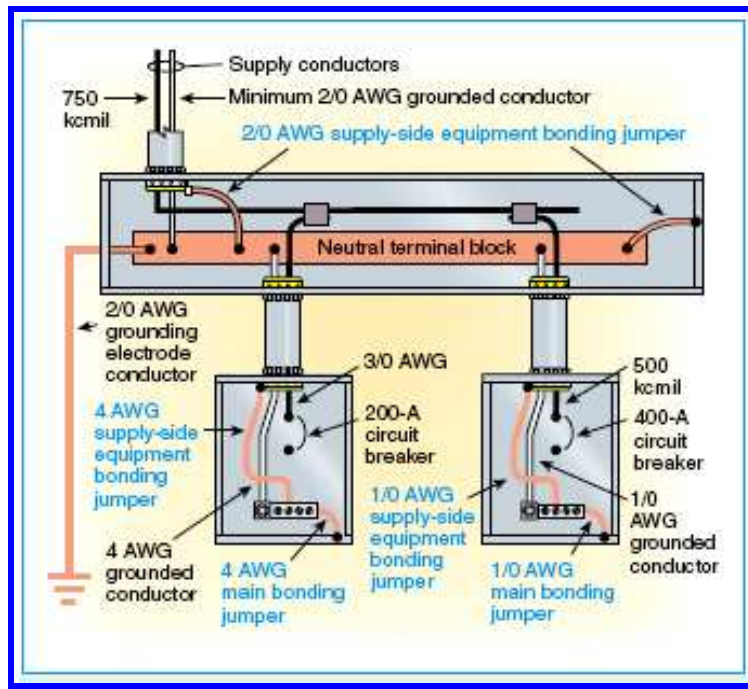
Figura 2. Armario Altis



Fuente: SQUARE D. Schneíder Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneíder Electric, 2005. p. 58.

Barraje de puesta a tierra (equipotencial): conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

Figura 3. Tierra colectiva para equipos de servicio

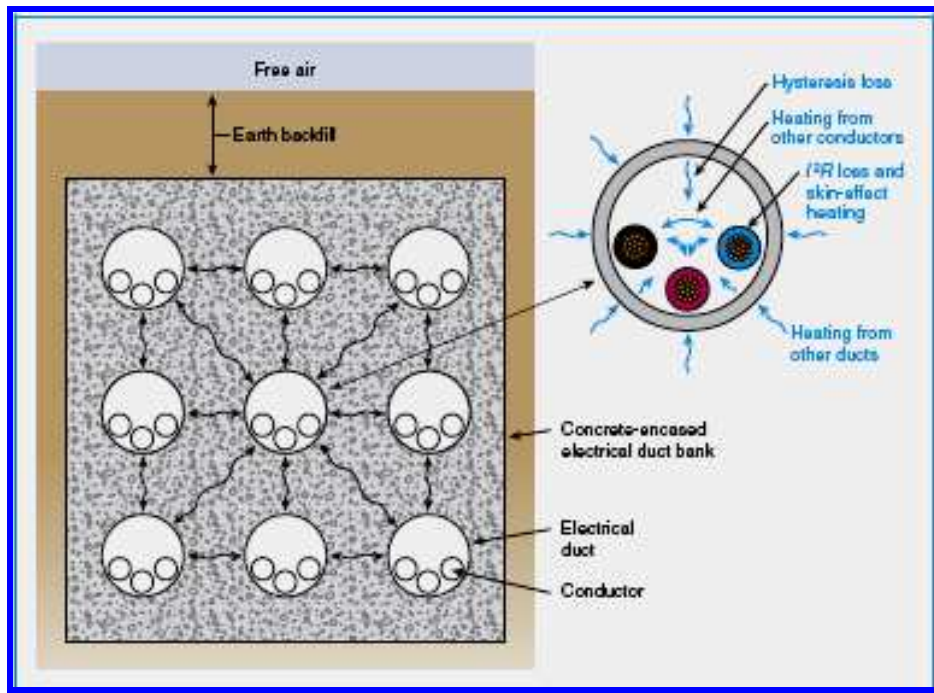


Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 197.

Caja de corte: cubierta diseñada para montaje en superficie, incrustada o empotrada y que tiene puertas o tapas sujetas directamente a las paredes de la caja y que contiene dispositivos de corte o seccionamiento (Véase la definición “Armario”).

Canalización: canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras, con las funciones adicionales que permita este código. Hay canalizaciones, entre otras, de conductos de metal rígido, de conductos rígidos no metálicos, de conductos metálicos intermedios, de conductos flexibles e impermeables, de tuberías metálicas flexibles, de conductos metálicos flexibles, de tuberías eléctricas no metálicas, de tuberías eléctricas metálicas, subterráneas, de hormigón en el suelo, de metal en el suelo, superficiales, de cables y de barras.

Figura 4. Vista frontal de una canalización de ductos



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 296.

Capacidad de interrupción nominal: la mayor corriente a tensión nominal, que un dispositivo eléctrico tiene previsto interrumpir, bajo unas condiciones normales de ensayo.

Nota. Los equipos previstos para no dejar pasar corriente a niveles distintos de los producidos por una falla, pueden tener su capacidad de interrupción nominal implícita en otros parámetros, como la potencia (en Kw. o HP) o la corriente con el rotor bloqueado del motor.

Carga continua: carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

Carga no lineal: carga cuya forma de onda de la corriente en estado estacionario no sigue la forma de onda de la tensión aplicada.

Centro de control de motores (CCM): conjunto de una o más partes cerradas que tienen una barra de potencia común y que contienen principalmente unidades de control de motores.

Figura 5. Subestación encapsulada para 15KV



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 252.

Circuito ramal: conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

Circuito ramal de uso general: circuito ramal que alimenta diversas salidas para alumbrado y artefactos.

Circuito ramal especial de conexión de artefactos eléctricos: circuito ramal que alimenta a una o más salidas a las que se pueden conectar los artefactos; tales circuitos no deben contener elementos de iluminación conectados permanentemente que no formen parte de un artefacto.

Circuito ramal multiconductor: circuito ramal que consta de dos o más conductores no puestos a tierra y entre los cuales hay una diferencia de potencial, y un conductor puesto a tierra con la misma diferencia de potencial entre él y cada uno de los otros conductores del circuito, que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra de la instalación.

Clavija, enchufe: dispositivo introducido o retirado manualmente de un tomacorriente, el cual posee patas (contacto macho) que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

Figura 6. Tomacorriente y clavija con seguro de giro



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 124.

Nota. Véase la norma NTC 1650, Electrotecnia. Clavijas y tomacorrientes para uso general doméstico.

Conductor de puesta a tierra (*Grounding conductor*): conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor puesto a tierra o Neutro (*Grounded conductor*): conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el **neutro** de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo: conductores entre los terminales del equipo de corte de acometida y un punto, generalmente fuera de la edificación donde termina la acometida aérea.

Conductores de entrada de acometida, sistema subterráneo: conductores entre los terminales del equipo de corte de acometida y el punto de conexión de la acometida subterránea.

Nota. Cuando el equipo de la acometida está situado fuera de las paredes del edificio, puede no haber conductores de acometida o estar totalmente fuera del edificio.

Conduit: tubo rígido metálico o no metálico, destinado para alojar conductores eléctricos.

Conexión equipotencial (*Bonding*): unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera pasar.

Conjunto con múltiples tomas de corriente: tipo de canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores y tomacorrientes, montados en obra o en fábrica.

Conmutador de separación en derivación (*Bypass Isolation Switch*): dispositivo de accionamiento manual utilizado con un conmutador de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores bajo carga a una fuente de alimentación y de desconexión del conmutador de transferencia.

Conmutador de transferencia: dispositivo automático o no automático para transferir bajo carga las conexiones de uno o más conductores de una fuente de alimentación a otra.

Foto 4. Transferencia automática



Cuadro de distribución (*Switchboard*): un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos. Los cuadros de distribución son accesibles generalmente por delante y por detrás y no necesariamente están destinados para instalarse dentro de armarios.

Cuerpo de conduit (*Conduleta*): parte independiente de un sistema de conductos o tuberías que permite acceder, a través de tapa o tapas removibles, al interior del sistema en el punto de unión de dos o más secciones del sistema

o en un terminal del mismo. No se consideran cuerpos de conduit las cajas de paso como las FS y FD o más grandes, de metal fundido o de chapa.

Figura 7. Conduletas (Tipo TEE, LB, LR, C)



Fuente: Rawelt [en línea]: Catalogo de materiales eléctricos y productos Rawelt. México: Rawelt, 2005. [Consultado 31 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: http://www.materialeselectricos1.com/geocities.com/wirefull_026/index.html

Equipo antideflagrante (a prueba de explosión): equipo alojado en un encerramiento que es capaz de soportar una explosión, de un gas o vapor específico, que se pueda producir en su interior y de evitar la ignición de un gas o vapor específico que rodee el encerramiento, por chispas, arcos o la explosión del gas o vapor en su interior y que funciona soportando temperaturas externas tales que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda arder.

Nota. Para más información, véanse las normas: NTC 3229, Electrotecnia. Cajas de Salida y Accesorios usados en sitios de alto riesgo y ANSI/UL 1203-1988 Explosion Proof and Dust-Ignition-Proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations.

Equipo de corte de acometida: el equipo necesario que consiste generalmente en un interruptor automático, o interruptor y fusibles, con sus accesorios, situado cerca del punto de acometida de un edificio, otra estructura o en una zona definida, destinada para servir de control principal y de medio de desconexión del suministro.

Equipotencialidad: principio que debe ser aplicado ampliamente en sistemas de puesta a tierra. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial. Véase definición de “Conexión equipotencial”.

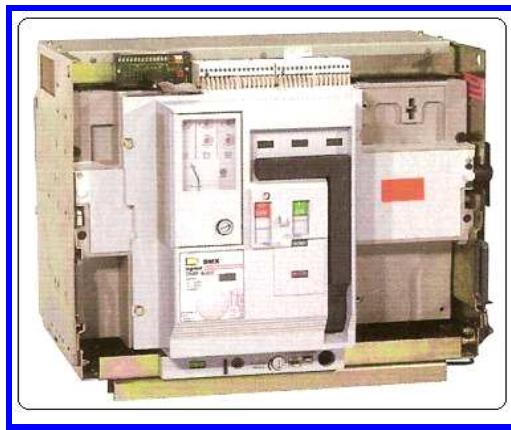
Foso de ascensor: caja, pozo, hueco u otra abertura o espacio vertical dentro del cual funciona un ascensor o montacargas.

Iluminación de contorno o Alumbrado de realce: conjunto de fuentes luminosas incandescentes o de descarga que delimitan o llaman la atención de determinadas características, como la forma de un edificio o la decoración de una vitrina.

Interruptor automático (*Circuit Breaker*): dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de sus valores nominales.

Nota. Los medios de apertura automática pueden ser: integrados, que actúan directamente con el interruptor automático, o situados a distancia del mismo (remotos).

Figura 8. Interruptor de potencia tipo abierto de 3200 a 4000A Versión extraíble DMX4000



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 14.

Figura 9 Disyuntor ajustable



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 164.

Interruptor automático ajustable: calificativo que indica que el interruptor automático se puede ajustar para que se dispare a distintas corrientes, tiempos o ambos, dentro de un margen predeterminado.

Interruptor de circuito contra fallas a tierra (GFCI): dispositivo diseñado para la protección de las personas, que funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de un determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Interruptores (*Switches*):

Figura 10. Tipo de enchufe de unión Portátil de GFCI



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 73.

Interruptor de separación (seccionador): Interruptor destinado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene intensidad de corriente de corte máxima y está diseñado para que se manipule únicamente después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

Interruptor de uso general: Interruptor diseñado para usarse en circuitos de distribución y ramales de uso general. Su capacidad se establece en amperios y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal.

Figura 11. Interruptores en caja moldeada DPX



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 28.

Figura 12,13 y 14. Breaker de riel Monofásico, Bifásico, Trifásico



Figura 12



Figura 13

Figura 14



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 53.

Partes energizadas: conductores, barras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que crean riesgo de descarga eléctrica.

Protección contra fallas a tierra de equipos: sistema destinado para ofrecer protección de los equipos contra corrientes peligrosas debidas a fallas de fase a tierra. Funciona haciendo que un medio de desconexión abra todos los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección se provee a niveles de corriente inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante el funcionamiento de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Protector térmico (aplicado a motores): dispositivo protector que se ensambla como parte integral de un motor eléctrico que, cuando está correctamente aplicado, protege al motor contra sobrecalentamientos peligrosos debidos a sobrecargas o contra fallas en el arranque.

Nota. El protector térmico puede consistir en uno o más sensores integrados con el motor o motocompresor y un dispositivo externo de mando.

Puente de conexión equipotencial: conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

Puente de conexión equipotencial, equipo: conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra de un equipo.

Puente de conexión equipotencial, principal: conexión entre el conductor puesto a tierra del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo en la acometida.

Puesto a tierra (*Grounded*): conectado a tierra o a cualquier cuerpo conductor que pueda actuar como tierra.

Puesto a tierra eficazmente: conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.

Salida para alumbrado: salida destinada para la conexión directa de un portabombilla, una luminaria o un cordón colgante que termine en un casquillo o portabombilla.

Salida para tomacorriente: salida a la que están conectados uno o más tomacorrientes.

Servicio continuo: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un tiempo indefinidamente largo.

Servicio corto: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un periodo corto y determinado de tiempo.

Servicio intermitente: funcionamiento durante intervalos alternativos de 1) carga-sin carga, o 2) carga y parada, o 3) carga, sin carga y parada.

Servicio periódico: funcionamiento intermitente en el que se repiten periódicamente las condiciones de carga.

Servicio variable: funcionamiento a distinta carga y durante distintos intervalos de tiempo, estando la carga y tiempo sometidos a grandes variaciones.

Sobrecarga: funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga.

Sobrecorriente: corriente por encima de la corriente nominal de un equipo o de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Nota. Una sobrecorriente por encima de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se da un conjunto de condiciones. Por eso, las normas para protección contra sobre corrientes son específicas para cada situación particular.

Tensión (de un circuito): valor eficaz (raíz-media-cuadrática) de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera de un circuito.

Nota. Algunos sistemas, como los trifásicos tetrafilares, monofásicos trifilares y de corriente continua trifilares, pueden tener varios circuitos a distintas tensiones.

Tensión a tierra: en los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto del conductor del circuito que está puesto a tierra; en los circuitos no puestos a tierra, es la mayor diferencia de tensión entre un conductor dado y cualquier otro conductor del circuito.

Tensión nominal: valor nominal asignado a un circuito o sistema para designar habitualmente su nivel de tensión (por ejemplo., 120 V/240 V, 480 V/277 V (Sistema en estrella), 600 V). La tensión a la que funciona un circuito puede variar sobre la nominal dentro de un margen que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Nota. Véase la NTC 1340, Electrotecnia. Tensiones nominales en sistemas de energía eléctrica a 60 Hz en redes de servicio público.

Tierra: conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el suelo tierra o con algún cuerpo conductor que pueda servir en lugar del suelo.

Para instalaciones de tensión nominal superior a 600 V. Cuando se trate de instalaciones que funcionan a más de 600 V nominales, se deben aplicar las siguientes definiciones:

Dispositivos de maniobra: Cortacircuito (*Cutout*): conjunto de soporte para fusibles, fusibles de expulsión con portafusiles, fusible o cuchilla de desconexión. El portafusibles puede incluir un elemento conductor (filamento fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión si se intercala un elemento no fusible.

Interruptor automático de circuito: dispositivo de maniobra capaz de abrir y cerrar un circuito y transportar corriente en condiciones normales, y de cerrar y transportar corriente durante un tiempo determinado o abrir un circuito en determinadas condiciones anormales, como en caso de cortocircuito.

Medios de desconexión (*Disconnecting Means*): dispositivo o conjunto de dispositivos por medio de los cuales los conductores de circuitos se pueden desconectar de la fuente de alimentación.

Seccionador: dispositivo mecánico de maniobra mediante el cual se pueden desconectar sin carga los circuitos o equipos de su fuente de alimentación.

Nota. Para las definiciones de “Seccionadores”, véanse las normas NTC 2545, Electrotecnia. Vocabulario. Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. Subestaciones y NTC 2131, Electrotecnia. Seccionadores Bajo Carga de Alta Tensión.

Seccionador de operación bajo carga (*Interrupter Switch*): dispositivo de maniobra capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes, bajo condiciones normales del circuito, que pueden incluir condiciones especificadas de

operación con sobrecarga y capaz de soportar, sin dañarse, la corriente de cortocircuito para la cual está especificado.

Nota. El seccionador de operación bajo carga debe tener un mecanismo de disparo que minimiza el tiempo de apertura y cierre de los contactos del seccionador independiente del operador. Véase la NTC 2131, *Electrotecnia. Seccionadores Bajo Carga de Alta Tensión*

Seccionador tipo cuchilla (*Regulator Bypass Switch*): dispositivo específico o combinación de dispositivos destinados para puentear un regulador.

Fusible: dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte fundible que abre un circuito, que se calienta y rompe cuando pasa por ella una sobrecorriente.

Nota. Un fusible consta de todas las partes que forman una unidad capaz de realizar las funciones descritas. Puede consistir o no en el dispositivo completo necesario para conectarlo a un circuito eléctrico.

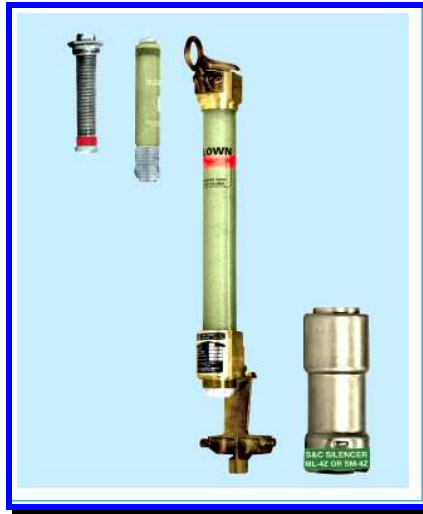
Fusible de expulsión: fusible ventilado en el que el efecto de expulsión de los gases producidos por el arco y la cañuela portafusible, extingue el arco, solo o con la ayuda de un resorte.

Fusible de potencia: fusible ventilado, no ventilado o controlado en el que el arco se extingue al ser expulsado a través de un material sólido, granulado o líquido, solo o con ayuda de un resorte.

Fusible de potencia no ventilado: fusible sin dispositivos para el escape de los gases del arco, de líquidos o de partículas sólidas a la atmósfera durante la interrupción del circuito.

Fusible de potencia ventilado y controlado: fusible con dispositivos para controlar la interrupción del circuito de descarga, de modo que no liberen materias sólidas a la atmósfera que los rodea.

Figura 15. Fusibles de potencia tipo extinción de arco



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 638.

Este fusible está diseñado para que los gases liberados no se quemen ni dañen el aislamiento del cable en el recorrido de la descarga, ni propaguen llamas a o entre los elementos puestos a tierra o miembros conductores en el camino de descarga, cuando la distancia entre el orificio de ventilación y dichos miembros del aislamiento o conductores cumpla las recomendaciones del fabricante.

Limitador de corriente: dispositivo de protección que interrumpe una corriente de cortocircuito en menos de medio ciclo, antes de que alcance su valor total disponible, evitando que produzca daños adicionales a los equipos que está protegiendo.

Fusible accionado electrónicamente: dispositivo de protección contra sobrecorriente que consiste generalmente de: un módulo de control con características de detección de corriente relacionadas electrónicamente con la corriente a lo largo del tiempo, energía para iniciar el disparo y un módulo de interrupción que impide el paso de la corriente cuando se produce una sobrecorriente. Los fusibles accionados electrónicamente pueden funcionar o no en modo de limitación de corriente, según el tipo de control seleccionado.

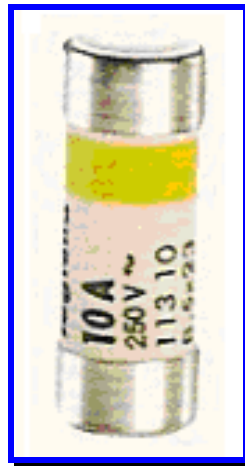
Fusible múltiple: conjunto de dos o más fusibles unipolares.

Figura 16. Porta fusible modular



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed.
México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 49.

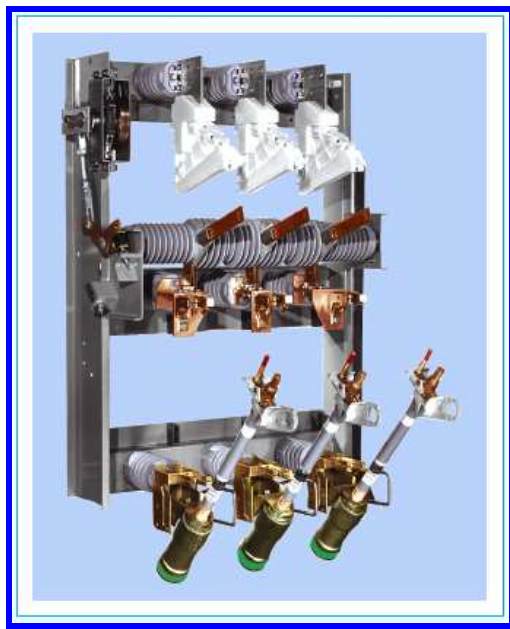
Figura 17. Fusible cilíndricoHRC.



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed.
México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 49.

Seccionador de maniobra: dispositivo diseñado para cerrar, abrir o cerrar y abrir uno o más circuitos eléctricos.

Figura 18. Seccionador tripolar con sus respectivos fusibles



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 638.

7.2. DEFINICIONES SEGUN NTC 2050 CAPÍTULO 5 SECCIÓN 517

Alumbrado de trabajo: Equipos de alumbrado mínimos necesarios para realizar las tareas normales en las áreas descritas, incluido el acceso seguro a los suministros y equipos y el acceso a las salidas.

Anestésicos inflamables: Gases o vapores como el fluroxeno, ciclopropano, éter divinílico, cloruro de etilo, éter etílico y etileno, que pueden formar mezclas inflamables o explosivas con el aire, oxígeno o gases reductores, como el óxido nitroso.

Área de camas de los pacientes: lugar en donde están las camas de los pacientes internados en un hospital o la cama o camilla utilizada en las áreas críticas de atención al paciente.

Área de cuidado de pacientes: Parte de una institución asistencia médica en la que se examina o trata a los pacientes. Las áreas de una institución de asistencia médica en las que se administran cuidados a los pacientes se clasifican en aéreas de atención general o de atención crítica. Cualquiera de

ellas puede clasificarse como un lugar mojado. El personal directivo del centro designa esas áreas de acuerdo con el tipo de cuidados previstos a los pacientes y dentro de la siguiente clasificación:

Nota: Las oficinas, pasillos, salas de espera, salas de descanso, comedores o similares, no se clasifican normalmente como áreas de cuidado del paciente.

- Áreas de atención general son las habitaciones de los pacientes, salas de reconocimiento, salas de tratamiento, clínicas y áreas similares en las que está previsto que el paciente pueda entrar en contacto con artefactos eléctricos normales, como timbres para llamar a las enfermeras, camas eléctricas, lámparas de examen, teléfonos, radios y televisores. En tales áreas puede haber también pacientes conectados a equipos de electromedicina (como electrocardiógrafos, mantas eléctricas, sondas eléctricas, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, tubos intravenosos, etc.).
- Áreas de atención crítica son las unidades de cuidados especiales, unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidado coronario, laboratorios angiográficos, laboratorios de cateterismo cardíaco, salas de partos, quirófanos y áreas similares en las que se prevé que los pacientes puedan estar sometidos a procesos invasivos y en contacto con artefactos de electromedicina conectados a la red.
- Lugares mojados son las áreas de cuidado de los pacientes, normalmente expuestos a estar mojadas mientras están presentes los pacientes, por ejemplo porque haya líquidos estancados en el suelo o se moje el área de trabajo, en cualquier caso muy cerca del paciente o del personal. No es un lugar mojado el que está sometido a los procedimientos normales de limpieza o a salpicaduras accidentales.

Centro de cuidado ambulatorio: Edificio, o parte de él, utilizado para ofrecer servicios o tratamiento médico a cuatro o más pacientes simultáneamente y que cumple además una de las dos condiciones siguientes 1) o 2):

- Las instituciones que ofrecen a pacientes ambulatorios tratamientos que, en caso de emergencia, les dejarían incapacitados para tomar medidas de protección sin la asistencia de otras personas, como las unidades de hemodiálisis o los servicios médicos de urgencia.

- Las instituciones que ofrecen a pacientes ambulatorios tratamientos quirúrgicos que requieran anestesia general.

Centro de acogida: Edificio o parte del mismo utilizado para albergar, dar de comer y atender las 24 horas del día a cuatro o más personas que por su incapacidad física o mental no pueden valerse por sí mismas. El término “centro de acogida” se utiliza en este *Código* referido a los centros de ancianos y convalecientes, instalaciones especiales de acogida, instalaciones de cuidados médicos intermedios y enfermerías de los asilos de ancianos.

Centro de cuidados limitados: Edificio o parte del mismo que funciona las 24 horas del día para albergar a cuatro o más personas incapaces de valerse por sí mismas debido a su edad, a limitaciones físicas causadas por accidente o enfermedad o a limitaciones mentales, como retraso mental, discapacidad, enfermedad mental o dependencia de productos químicos.

Corriente de riesgo o peligrosa: Para un número determinado de conexiones en un sistema eléctrico aislado, es la corriente total que pasaría a través de una baja impedancia si se conectara cualquier conductor aislado con tierra.

Corriente de riesgo de falla: es la corriente de riesgo de un sistema eléctrico aislado con todos sus dispositivos conectados excepto el monitor de aislamiento de línea.

Corriente de riesgo del monitor: es la corriente de riesgo o peligrosa de un sistema aislado con todos los dispositivos conectados a él incluyendo también el monitor de aislamiento de línea.

Corriente de riesgo total: es la corriente de riesgo de un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos conectados, incluido el monitor de aislamiento de línea.

Equipo diatérmico para terapia de alta frecuencia: Equipo de calefacción terapéutica por inducción y dieléctrico.

Equipo eléctrico de asistencia vital: Equipo alimentado eléctricamente cuyo uso continuo es necesario para mantener con vida un paciente.

Estación de enfermeras: Área en la que ejercen su actividad un grupo de enfermeras que atienden a los pacientes internados, en la que se reciben las llamadas de los pacientes, los avisos y notas escritas para las enfermeras, se preparan las medicinas para su distribución a los pacientes internados y se preparan los cuadros clínicos de los pacientes. Cuando dichas actividades se desarrollan en más de un lugar dentro de un área de enfermería, cada lugar se considera como parte de la estación.

Fuente de alimentación alternativa: Uno o más grupos electrógenos o grupos de baterías, cuando esté permitido, destinados para suministrar energía eléctrica durante el corte del servicio normal o los servicios de la compañía eléctrica suministradora destinados para dar la suplencia durante el corte del suministro que normalmente proveen grupos de generación en el predio.

Hospital: Edificio o parte del mismo utilizado para cuidados médicos, psiquiátricos, obstétricos o quirúrgicos, las 24 horas del día, para cuatro o más pacientes internos. En este *Código* se utiliza el término Hospital referido a hospitales generales, hospitales mentales, hospitales para tuberculosis, hospitales infantiles y cualquier otro centro de atención para pacientes internados.

Hospital psiquiátrico: Edificio utilizado exclusivamente para la atención psiquiátrica a cuatro o más pacientes internos durante las 24 horas del día.

Hospitales de asistencia médica a pacientes de larga estancia. Edificios o partes de edificios usados para hospedaje, alimentación y cuidado de 4 ó más pacientes, quienes por razones de edad, incapacidad física o mental no puedan cuidarse por sí mismos. Esta definición incluye servicios tales como: ancianatos, guarderías (para niños hasta 6 años) y colonias psiquiátricas. Los servicios de consultas y tratamientos a pacientes ambulatorios que no requieran hospitalización, no se incluyen dentro de esta definición.

Hospitales de cuidado intermedio. Es el edificio o parte del edificio usado para hospedaje, alimentación y cuidado con base en 24 horas, de 4 ó más pacientes, quienes por razones de incapacidad física o mental no pueden cuidarse por sí mismos sino con ayuda de otra persona. Los hospitales mencionados en este Código deben incluir centros de convalecencia y cuidado intermedio, tratamientos de atención especializada y asilo de ancianos.

Foto 5. Instituto Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca - Cali



Instalación de rayos X (a régimen prolongado): Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento de cinco minutos o más.

Instalación de rayos X (a régimen momentáneo): Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos.

Instalación de rayos X (móviles): Equipo de rayos X montado en una base permanente con ruedas, rodachines o una combinación de ambas que facilita su movimiento estando totalmente montado.

Instalación de rayos X (portátiles): Equipo de rayos X que se puede llevar a mano.

Instalación de rayos X (transportables): Equipo de rayos X que se puede instalar en un vehículo o que se puede desmontar fácilmente para transportarlo en un vehículo.

Instituciones de asistencia médica: Edificios o partes de los edificios que comprenden ocupaciones como, entre otros, los hospitales, centros de acogida, centros de cuidados limitados, centros de supervisión, clínicas, consultas médicas y dentales y ambulatorios, ya sean permanentes o móviles.

Lugares de anestesia: Cualquier área de una institución de asistencia médica destinada para ser utilizada en la administración de agentes anestésicos inflamables o no inflamables por inhalación durante el reconocimiento o tratamiento médico, incluido el uso de dichos agentes como analgésicos relativos.

Lugares de anestesia inflamable: cualquier área de la institución destinada para ser utilizada en la administración de cualquier agente anestésico inflamable por inhalación durante el curso normal de examen o tratamiento médico.

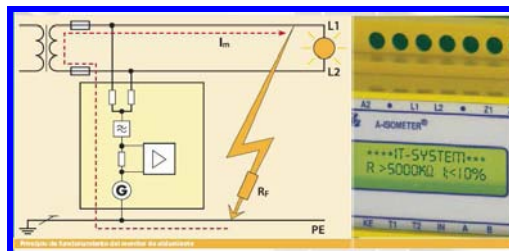
Monitor de aislamiento de línea: Instrumento de prueba diseñado para comprobar continuamente la impedancia equilibrada y desequilibrada de cada línea de un circuito aislado a tierra y con un circuito de prueba incorporado para accionar la alarma sin aumentar el riesgo de corriente de fuga.

Figura 19. Monitor de aislamiento, carga y temperatura (A-ISOMETER® 107TD47)



Fuente: BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. p. 16.

Figura 20. Diagrama unifilar de monitor de aislamiento



Fuente: BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. p. 8.

Punto para puesta a tierra de equipo de pacientes: Conector o bus terminal que sirve como punto colector para la puesta a tierra redundante de los artefactos eléctricos ubicados en la cercanía de los pacientes o para poner a tierra otros artefactos con el fin de eliminar problemas de interferencias electromagnéticas.

Punto para puesta a tierra de referencia: es la barra (bus) de puesta tierra del panel de distribución o del panel del sistema aislado de potencia que da el suministro corriente al área de cuidado de pacientes.

Ramal crítico: Subsistema de un sistema de emergencia consistente en alimentadores y circuitos ramales que suministran corriente al alumbrado de trabajo, circuitos especiales de fuerza y determinados tomacorrientes seleccionados para servir áreas y funciones de atención al paciente y que están conectados a fuentes de alimentación alternativas por uno o más conmutadores de transferencia durante la interrupción del servicio normal.

Ramal vital: Subsistema de una sistema de emergencia que consta de alimentadores y circuitos ramales que cumplen los requisitos de la Sección 700, destinado para suministrar la corriente necesaria que garantice la seguridad de los pacientes y del personal y que se conecta automáticamente a la fuente de alimentación alternativa cuando se produce una interrupción del servicio normal.

Sistema de emergencia: Sistema de alimentadores y circuitos ramales que cumple los requisitos de la Sección 700, excepto como se modifica por la Sección 517, destinado para suministrar la alimentación alternativa a un número limitado de funciones vitales para la protección de la vida y seguridad de los pacientes, con restablecimiento automático del suministro eléctrico dentro de los 10 segundos siguientes a la interrupción del suministro normal.

Sistema de equipos: Conjunto de alimentadores y circuitos ramales dispuesto para la conexión retardada, automática o manual a la fuente de alimentación alternativa y al que están conectados fundamentalmente equipos de potencia trifásicos.

Sistema de potencia aislado: Sistema que contiene un transformador de aislamiento o equivalente, un monitor de aislamiento de línea y sus conductores de circuito no puestos a tierra.

Sistema eléctrico esencial: Sistema compuesto por fuentes de alimentación alternativas y todos los sistemas de distribución y equipos auxiliares conectados y necesarios para asegurar la continuidad del suministro eléctrico a determinadas áreas y funciones de una institución de asistencia médica durante un corte del suministro normal y diseñado además para minimizar las interrupciones dentro del sistema interno de alambrado.

Superficies conductivas expuestas: Superficies capaces de transportar corriente eléctrica y que no están protegidas, cerradas u ocultas, por lo que permiten el contacto personal. Las pinturas, anodizado y revestimientos similares no se consideran un aislante adecuado, excepto si están certificados para dicho uso.

Sistema alimentado en forma separada. Un sistema de alambrado para inmuebles cuya potencia se deriva de los arrollamientos de un generador, transformador, o convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa, incluido un conductor de circuito puesta a tierra (neutro) conectado en forma sólida, para alimentar conductores que se originan en otro sistema

Tomacorrientes seleccionados: Número mínimo de tomacorrientes para conectar los artefactos utilizados normalmente para tareas locales o que se puedan utilizar en casos de emergencia.

Tomacorrientes de áreas de anestesia. Tomacorrientes destinados para aceptar enchufes aprobados para usarse en esas áreas.

Tomacorriente GFCI. Este toma tiene como objetivo, una vez que detecta un diferencial de corriente 5 mA, provocado por alguna persona que esté en contacto con la electricidad, abrir el circuito en un tiempo de 0.025 seg., protegiendo de esta manera a la persona. El GFCI detecta la diferencia entre estas dos corrientes e interrumpe el suministro de potencia. Este dispositivo no distingue la vía de retorno a tierra de la corriente es decir si es a través de el cable de tierra de un equipo o si es a través de una persona.

Los estándares de la NEC, artículos 210-8 y 680-5 de 1990 establecen el uso de GFCI en circuitos que sirven cuartos de baño, garajes, piscinas y otros similares. La NFPA-99 establece el empleo de GFCI en locaciones húmedas, particularmente áreas de hidroterapia. El común de todas las áreas donde diferentes normas recomiendan o establecen el uso de los GFCI es que la

continuidad del suministro de potencia no sea esencial, más claramente que al producirse la desconexión no se corte el suministro de equipos que soportan o apoyan procedimientos terapéuticos que pudieran poner en peligro la vida de pacientes. Es decir no se usan GFCIs en áreas de cuidados intensivos, salones de operaciones y similares.

Los tomacorrientes GFCI, son diseñados y deben cumplir una serie de características especificadas por las normas **UL498** y **UL943**. Cuentan con dos botones, uno de “Reset”, este se presiona luego de una falla para reestablecer el toma; el otro botón es el de “Test”, este debe presionarse mensualmente para comprobar el buen funcionamiento del mismo, no sea que ocurra una falla y este no la detecte causando un serio problema

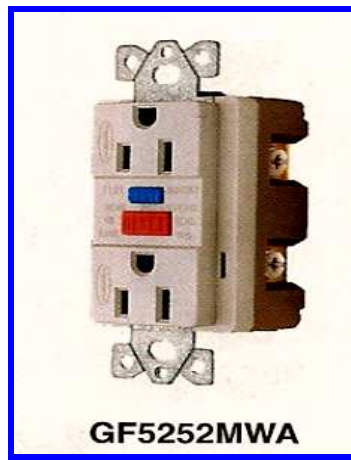
A estos tomas es posible conectarle en paralelo 6 tomas convencionales máximo, quedando estos tomas convencionales con la misma protección del toma GFCI.

Figura 21. Tomacorriente Doble GFCI



Fuente: SQUARE D. Schneíder Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneíder Electric, 2005. p. 79.

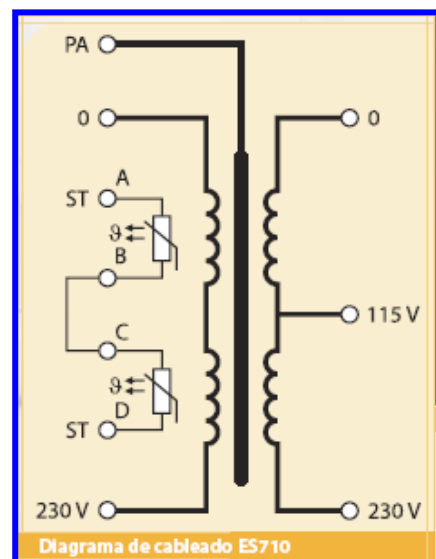
Figura 22. Tomacorriente Doble GFCI



Fuente: Hubbell Virtual Catalogs. Dynamic on-line catalogs with zoom. Self Test **GFCI** Receptacle [en línea]. Mexico: Hubbell, 2006. [Consultado 11 de Junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hubbell-wiring.com>

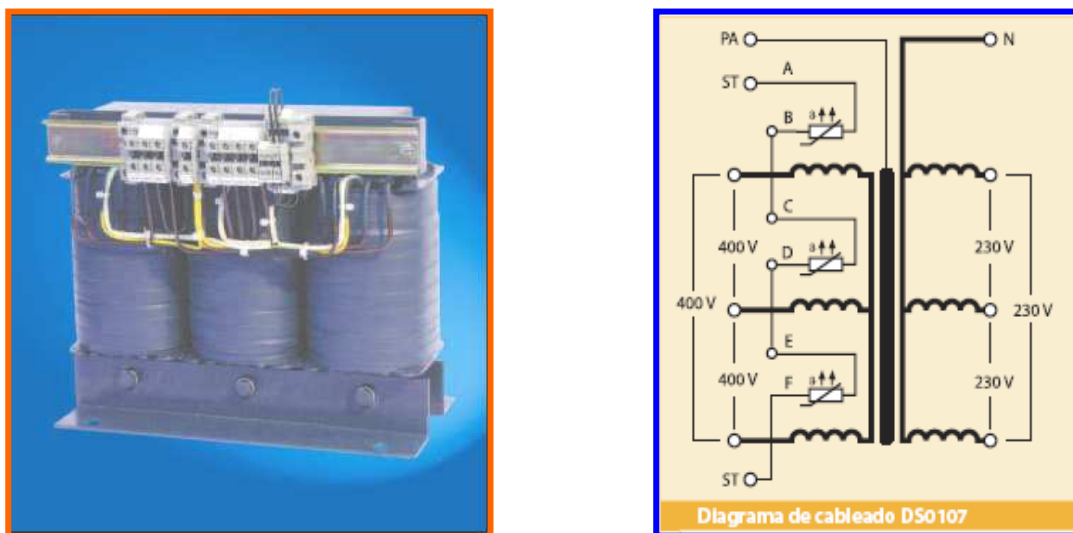
Transformador de aislamiento: un transformador de devanado múltiple con el primario y el secundario separados físicamente, que acopla inductivamente su devanado secundario a los sistemas del alimentador puesto a tierra que energizan su devanado primario.

Figura 23. Transformador de aislamiento monofásico ES710



Fuente: BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. p. 24.

Figura 24. Transformador de aislamiento trifásico DS0107



Fuente: BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. p. 25.

Figuras 25 y 26. Compartimiento que contiene el transformador de aislamiento monofásico o trifásico



Fuente: Fichas técnicas de arquitectura e ingeniería hospitalaria. Bloque Quirúrgico: Sistema de Seguridad Eléctrica [en línea]. España: Hospitecnia, 2006. [Consultado 14 de junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hospitecnia.com.html>

Vecindad o cercanía de los pacientes: En una zona utilizada normalmente para atención al paciente, es el espacio con cuya superficie es probable que vaya a estar en contacto el paciente o una persona que pueda tocar al paciente. En una habitación de pacientes, la cercanía es normalmente el espacio dentro de la habitación a una distancia máxima de 1,80 m alrededor del perímetro de la cama en su posición normal y que verticalmente llega a un mínimo de 2,30 m por encima del suelo.

8. DAÑOS AL SER HUMANO POR LA CORRIENTE ELÉCTRICA

8.1. INTRODUCCIÓN AL EFECTO DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO

Figura 27. Seguridad Eléctrica para Hospitales



Fuente: BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. p. 4.

En el correr del tiempo se ha visto un aumento considerable de la población mundial y con esto un aumento también del consumo de la energía eléctrica que con lleva a mejorar técnicamente la medicina saliendo nuevos equipos médicos especiales cada vez más seguros para el cuidado del ser humano.

En la actualidad, en las aplicaciones médicas los niveles de seguridad que deben reunir los sistemas de instrumentación están normalizados.

A pesar de la complejidad de los dispositivos médicos, no se puede asegurar que un equipo no falle pero se puede minimizar este riesgo y aumentar la seguridad del paciente con adecuada operación de estos y con el desarrollo de sistemas de seguridad lo más fiables posibles.

Se quiere dar una visión del daño de la corriente eléctrica en los pacientes de un hospital que son más susceptibles al peligro de la electricidad que en los hogares o sitios de trabajo, por lo que se deben de tomar medidas especiales en equipos o instrumentos médicos y en el tema de la seguridad eléctrica sin perder de vista otras fuentes de peligro que pueden estar ligadas como: el fuego, el aire, el agua, productos químicos, drogas, radiación y el propio personal médico.

Se debe analizar los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica, riesgos de shock producidos por los equipos médicos para describir los riesgos eléctricos.

8.2. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Para que halla efecto de la corriente en el organismo el cuerpo humano debe convertirse en parte de un circuito eléctrico, debe haber dos conexiones en el cuerpo y una tensión externa para que circule corriente y la magnitud de esta depende de la diferencia de potencial entre las conexiones y la resistencia eléctrica que tenga el cuerpo humano que es baja por tener en los tejidos un alto porcentaje de agua haciéndolo conductivo. Pero la impedancia de la piel (epidermis) es alta (200-500 K Ω) considerándose el cuerpo humano como un conductor volumétrico no homogéneo en la que la distribución del flujo de la corriente eléctrica viene determinada por la conductividad local del tejido.

Los efectos que la corriente eléctrica produce sobre el organismo dependen de los siguientes parámetros:

- Magnitud de la corriente que circula por el tejido
- Frecuencia
- Tiempo de exposición
- Zona por la que circula (superficie o tejido interno). Produciendo gravedad según el órgano afectado.

La corriente eléctrica puede afectar al tejido principalmente de tres formas:

- Se produce una excitación eléctrica de los tejidos excitables (nervios y músculos), comenzando con una sensación de “hormigueo” o “escozor” que si alcanza intensidad suficientemente elevada puede ser dolorosa y molesta. La estimulación de estos nervios o músculos motores puede provocar

contracciones y si ésta aumenta puede producirse la tetanización (parálisis) del músculo.

- Aparece un incremento de la temperatura del tejido debido a la resistencia que presenta y la energía disipada por el mismo.
- Puede provocar lesiones (quemaduras) en el tejido.

Con la corriente eléctrica domestica las quemaduras se limitan por lo general a lesiones localizadas en los puntos de contacto o en sus inmediaciones, lugares donde se produce mayor densidad de corriente. En los accidentes industriales causados por alta tensión, así como en accidentes por rayos, puede provocar quemaduras que afectan a grandes áreas del cuerpo. En electrocirugía se utiliza la corriente concentrada procedente de un generador de radiofrecuencia con la frecuencia de 2,5-4 MHz para cortar tejido o coagular pequeños vasos sanguíneos.

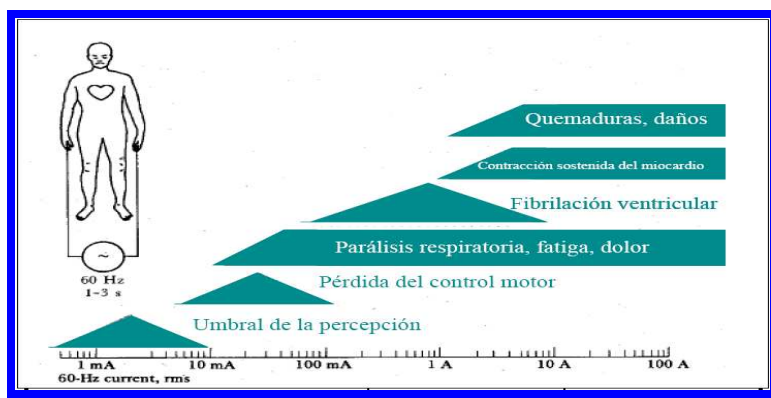
El corazón es el órgano más susceptible a la corriente eléctrica y un estímulo que tetanice el músculo del corazón provoca la contracción completa del miocardio que detiene el bombeo sanguíneo. Si la circulación no se restablece en pocos minutos, en primer lugar se lesiona el cerebro y luego se produce la muerte debido a la falta de aportación de oxígeno a los tejidos cerebrales. No obstante, si la corriente tetanizante se elimina al cabo de poco tiempo y las lesiones producidas no son irreversibles, el latido del corazón se reanuda de forma espontánea. Una corriente de intensidad más baja que excite sólo parte de las fibras musculares del corazón puede ser más peligrosa que una corriente suficiente para tetanizar el corazón entero. Esta excitación parcial puede cambiar las vías eléctricas de propagación en el miocardio desincronizando la actividad del corazón. Este fenómeno en el que el corazón pierde su sincronismo se denomina “fibrilación” ventricular es la causa que produce la mayoría de las muertes en los accidentes eléctricos.

También se puede producir parálisis respiratoria si los músculos del tórax se tetanizan por efecto de una corriente que circule a través del pecho o a través del centro de control de la respiración en el cerebro.

Son muchos los factores que influyen en la magnitud de la corriente eléctrica necesaria para producir un efecto fisiológico concreto en una persona.

A continuación, se comentan los efectos fisiológicos que se producen en el cuerpo humano en función de la magnitud de la corriente eléctrica que circula a través de él suponiendo que se aplica una diferencia de potencial entre las extremidades superiores (las dos manos). En la figura se muestra los valores aproximados de la corriente y los efectos que producen para un tiempo de exposición de 1-3 seg. varios niveles de magnitud alterna de 60 Hz aplicada al exterior del cuerpo de una persona de 70 Kg aproximadamente.

Figura 28. Efectos de la corriente en el organismo



Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 13.

Tabla 1. Efectos de Corriente Eléctrica

	Mínimo	Típico
Umbral de percepción	0.5 mA	0.7 - 1.1 mA
Corriente límite de control muscular	6 mA	10.5 - 16 mA
Parálisis respiratoria		18 - 22 mA
Fibrilación ventricular		75 - 400 mA
Contracción sostenida del miocardio		1 - 6 A

Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 13.

Umbral o nivel de percepción. Es la intensidad mínima de corriente que el ser humano es capaz de detectar. Este valor varía en función del sujeto y de las condiciones de medida y oscila entre 10 μ A y 0.5 mA para valores eficaces de alterna a 60 Hz y entre 2 y 10 mA para corriente continua.

Corriente de pérdida del control motor. Para niveles superiores de corriente, los nervios y músculos pueden excitarse y provocar contracciones que pueden llegar a ser dolorosas y ocasionando una pérdida del control motor. Los valores de corriente que producen pérdida de control motor oscilan entre 6 y 16 mA.

Parálisis respiratoria, dolor y fatiga. Corrientes, entre 18 - 22 mA; aparecen contracciones involuntarias de los músculos respiratorios, provocando situaciones de asfixia si la corriente no se interrumpe. Contracciones fuertes involuntarias de los músculos y estimulación de los nervios pueden provocar dolores y causar fatiga si permanecen expuestos a la corriente eléctrica durante largo tiempo.

Fibrilación ventricular. Corrientes entre 75 - 400 mA pueden dar origen a pérdidas de sincronismo de las diferentes fibras que constituyen el músculo cardiaco. Una vez se desincroniza la actividad ventricular (fibrilación ventricular), el proceso no se detiene aunque desaparezca la causa que lo provocó, el corazón deja de funcionar como bomba ocasionando una parada en la circulación sanguínea y la muerte súbita si no se consigue la reversión inmediata. Puede volverse a recuperar la actividad normal del corazón si se aplica un pulso de gran corriente durante un corto intervalo de tiempo que despolarice todas las células del músculo cardiaco. El equipo diseñado para este fin se denomina “desfibrilador”.

Contracción del miocardio sostenida. Cuando la corriente es suficientemente elevada y oscila entre 1 - 6 A, el músculo entero del corazón se contrae, el corazón deja de latir mientras la corriente se aplica, cuando esta cesa, vuelve el ritmo normal.

Daños físicos y quemaduras. Cuando la corriente está sobre los 10 A y es de corta duración, la resistencia que ofrece el cuerpo humano causa quemaduras, principalmente sobre la piel y en los puntos de entrada de la corriente.

8.3. PARÁMETROS SUSCEPTIBLES QUE OBRAN SOBRE LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS.

Los efectos fisiológicos vistos anteriormente por la corriente eléctrica, dependen de una serie de parámetros que se comentan a continuación:

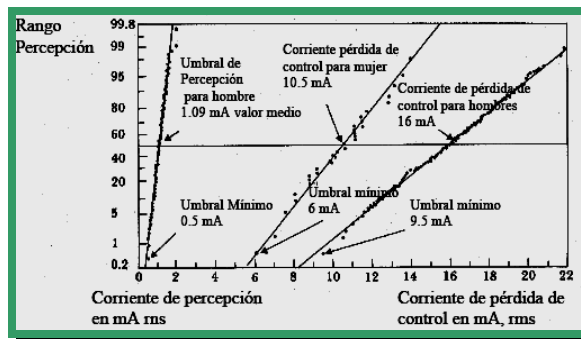
8.3.1. Variabilidad del umbral de percepción y corriente de pérdida del control motor. En la Figura 29 se muestra la variabilidad del umbral de percepción y de la corriente de pérdida del control motor para hombres y mujeres (Dalziel, 1973). Se observa el porcentaje de personas que perciben diferentes valores eficaces (RMS) de la corriente en miliamperios. Para los hombres, el valor medio del umbral de percepción es de 1.1 mA, para las mujeres, este valor medio se estima en 0.7 mA. Se observa que el valor mínimo de este umbral de percepción se sitúa entorno a 0.5 mA.

Estos valores dependen de la impedancia eléctrica que presenta el cuerpo humano, la conductividad del cuerpo humano es mayor en las mujeres debido entre otras causas a que el porcentaje de agua de las mismas es mayor.

El uso de geles que reducen la impedancia piel-electrodo reduce la impedancia del lazo de corriente de forma que el nivel de percepción disminuye. Utilizando geles en electrodos de ECG, el valor medio del umbral de percepción se reduce a solo 83 μ A en un rango de 30-200 μ A (Tan y Johnson, 1990).

La corriente de pérdida de control también puede aproximarse con un valor medio de corriente de 16 mA para hombre y 10.5 mA para mujeres. El valor umbral mínimo de la corriente de pérdida de control es de 9.5 mA para hombres y 6 mA para mujeres. Puede observarse que el rango de posibles valores de la corriente de pérdida de control es mucho mayor el de la corriente de umbral de percepción. La variabilidad de estas medidas puede achacarse a la variabilidad de la impedancia de la piel en diferentes personas.

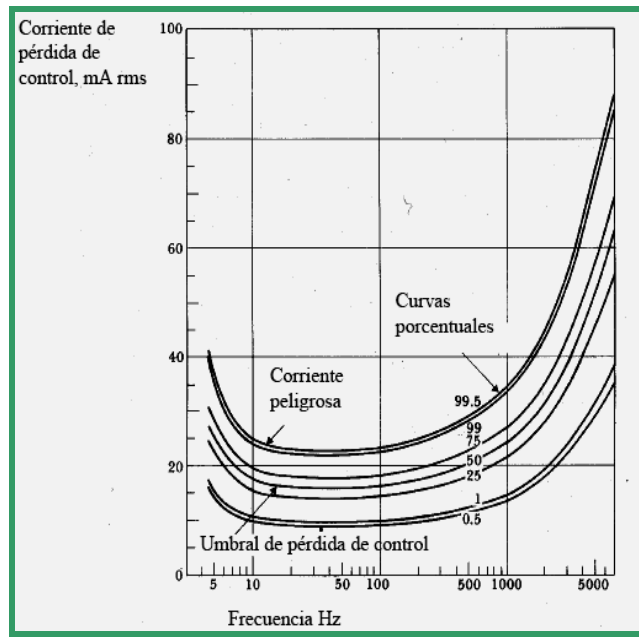
Figura 29. Rango de los umbrales de las corrientes de percepción y de pérdida de control. Universidad de Alcalá Ingeniería Biomédica



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 8.

8.3.2 Frecuencia de la corriente. La Figura 30 es la relación existente entre la corriente de pérdida de control y la frecuencia de la corriente. Desafortunadamente, el valor mínimo de la frecuencia de la corriente de pérdida de control es la de las líneas de potencia comerciales (60 Hz). Para frecuencias por debajo de 10 Hz, el valor mínimo de la corriente de pérdida de control aumenta probablemente debido a que los músculos pueden relajarse en ciertos intervalos del ciclo de la corriente. Este valor de umbral de la corriente de percepción se mantiene más o menos constante entre 10 Hz y 100 Hz, incrementándose de nuevo para valores superiores a 100 Hz.

Figura 30. Curva de corriente de pérdida de control y frecuencia.

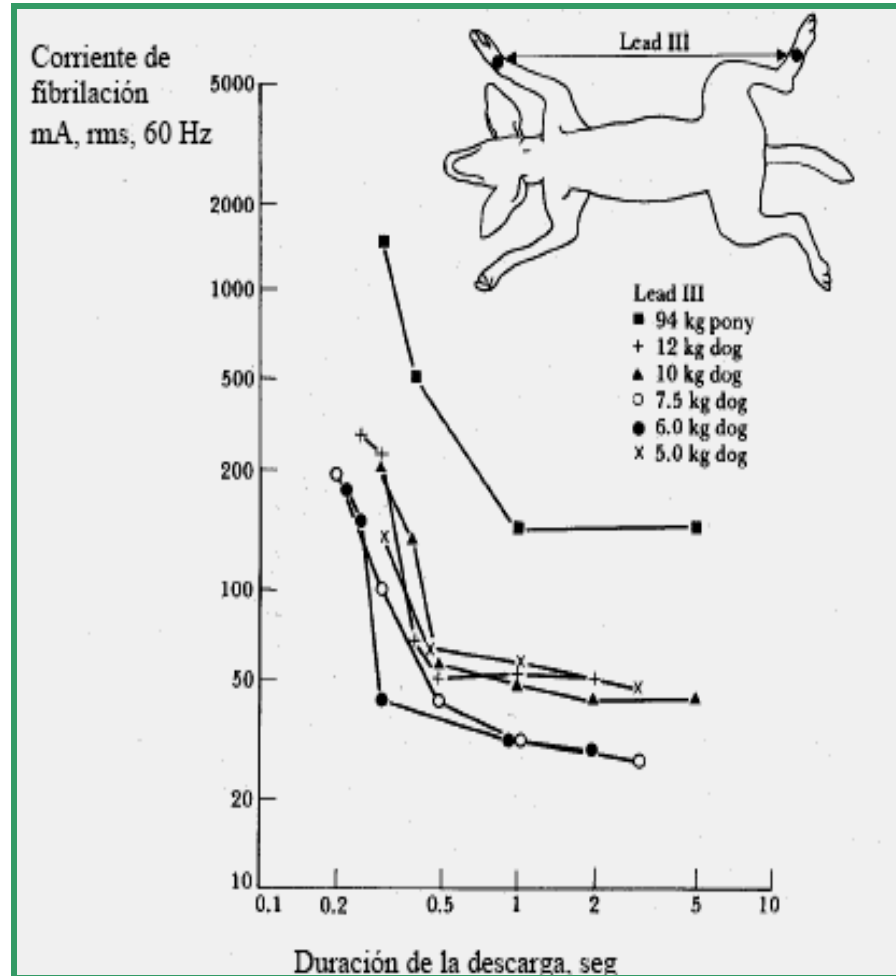


Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 9.

8.3.3. Duración de la exposición a la corriente eléctrica. Un único estímulo o pulso eléctrico puede producir una fibrilación ventricular si se aplica durante el periodo vulnerable de repolarización del corazón que corresponde a la onda T del ECG.

En la Figura 31 se muestran los umbrales de los valores de fibrilación para una corriente de 60 Hz aplicada a las extremidades de diversos animales. Se observa que el umbral de fibrilación aumenta rápidamente para intervalos inferiores a 1 s y disminuye conforme aumenta el tiempo de exposición.

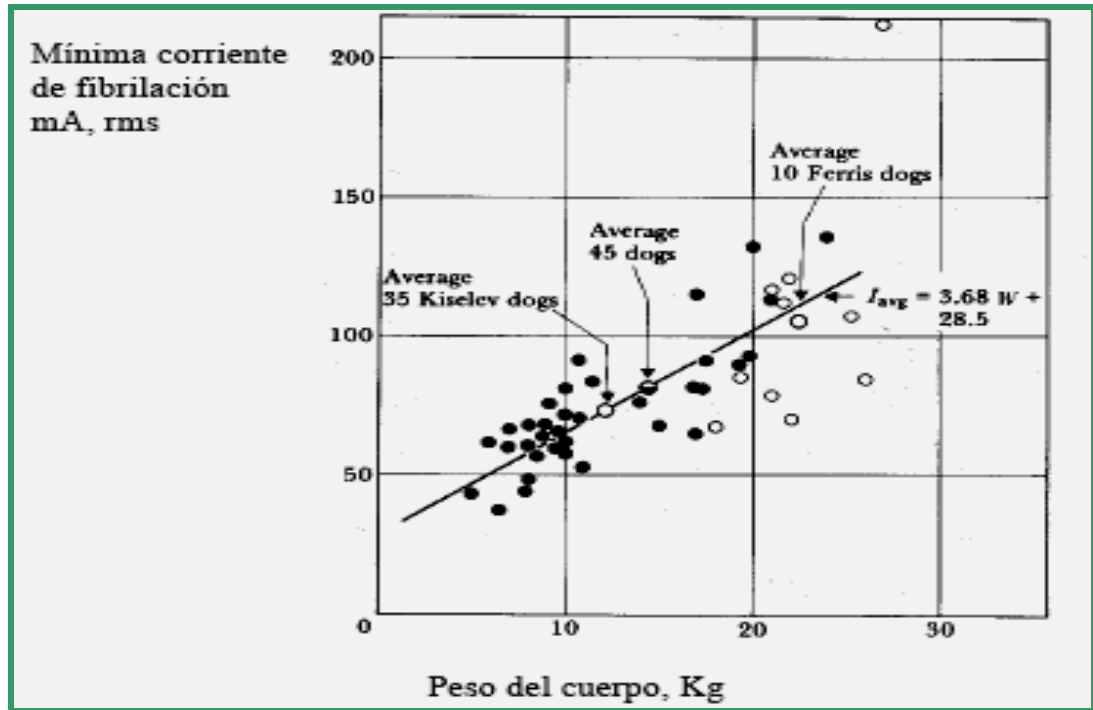
Figura 31. Corrientes umbrales para producir fibrilación ventricular en animales a 60 Hz



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 10

8.3.4. Peso del cuerpo humano. Con animales de diversos tamaños se muestran que el umbral de fibrilación aumenta conforme aumenta el peso del cuerpo. En la Figura 32 puede observarse que existe una gran dispersión de los datos incluso para un mismo tipo de animal. Estos resultados requieren de más estudios puesto que pueden extrapolarse para obtener o conocer los umbrales de fibrilación de los seres humanos.

Figura 32. Mínima corriente defibrilación en función del peso

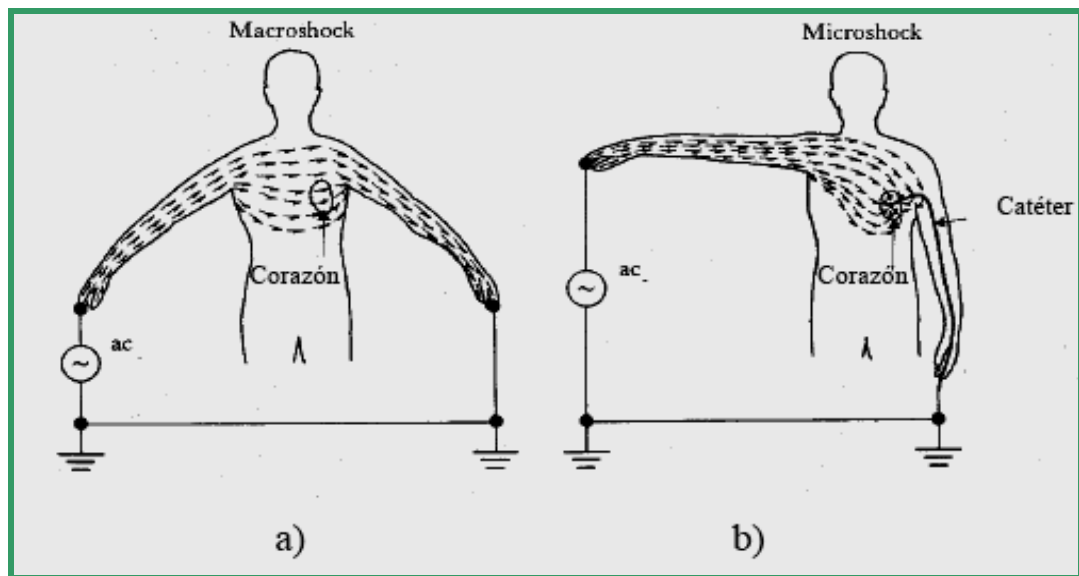


Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 10

8.3.5. Puntos de entrada de la corriente eléctrica. Cuando la corriente se aplica entre dos puntos cualesquiera del cuerpo humano, sólo una pequeña corriente pasa a través del corazón como se observa en la Figura 33. Dándose dos tipos de situaciones: **el macroshock y el microshock.**

El macroshock está relacionado con la circulación de corriente en la superficie corporal (figura 33.a). El microshock es cuando se tiene un catéter conectado al corazón, una pequeña corriente puede ocasionar grandes daños al paciente e incluso la muerte (figura 33.b). Diversos experimentos muestran que el rango de corrientes que producen fibrilación en casos de microshock es de 80 a 600 μ A. El límite de seguridad ampliamente aceptado para prevenir microshocks es de 10 μ A.

Figura 33. Efectos de los puntos de entrada en la distribución de la corriente por el cuerpo.



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 11.

8.4. RIESGO DE DESCARGAS (SHOCK) DEBIDAS AL EQUIPO ELÉCTRICO

Las descargas o shocks eléctricos pueden afectar a diversos órganos según el camino que recorra la corriente eléctrica a través del organismo. El órgano más susceptible a la corriente eléctrica es el corazón puesto que pueden producirse fibrilaciones y conllevar a la muerte del paciente. Se presentan dos situaciones según el recorrido de la corriente en el organismo y son:

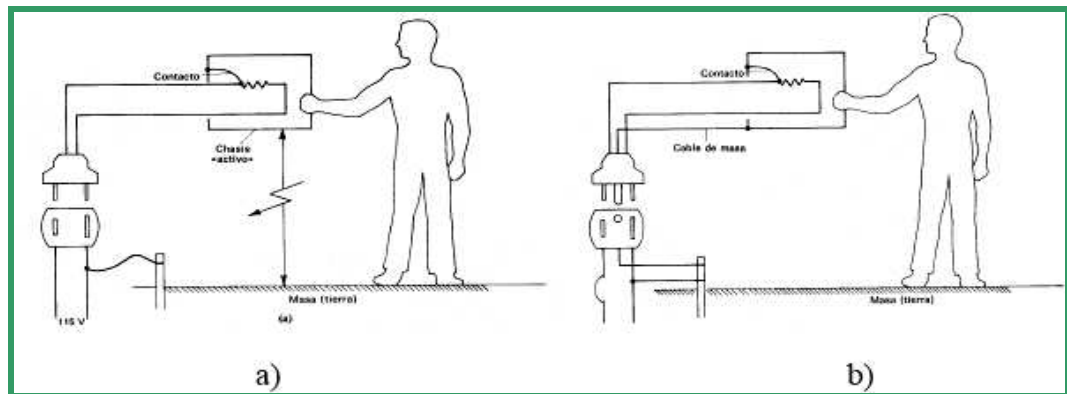
- Macroshock
- Microshock.

8.4.1. Riesgo de Macroshock. Hay riesgo de macroshock cuando una persona entra en contacto simultáneamente con ambos conductores eléctricos, el activo y el neutro o dos activos a diferentes potenciales y cuando el conductor neutro está conectado a masa, existe el mismo peligro entre el conductor activo y cualquier objeto conductor que de alguna manera esté conectado a masa. Entre estos objetos pueden citarse radiadores, cañerías de agua, estructuras

metálicas del edificio...etc. Se debe tener muy en cuenta el diseño del equipo eléctrico para evitar cualquier contacto accidental con el cable activo, conservar la distancia de seguridad entre los conductores y chasis del equipo para minimizar posibles acoples capacitivos y utilizar material aislante. Con todo esto, puede producirse un contacto accidental entre el cable activo y el chasis de un equipo debido a una pérdida de aislamiento, al deterioro y a averías mecánicas.

Si el chasis no está conectado a masa, cualquier persona que lo toque y esté conectado a masa a través de otro conductor estará expuesta a un grave peligro de macroshock como se muestran en la figura 34.a.

Figura 34. Riesgos de macroshock



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 15.

La finalidad del contacto de toma de tierra del equipo en el enchufe de la pared es reducir el peligro de macroshock. De esta forma se dispone de una conexión a tierra para el chasis del equipo (figura 34.b). Cuando se produce un contacto accidental entre el conductor activo y el chasis, la corriente puede retornar a masa a través de esta conexión equipo-tierra sin crear un peligro eléctrico. Así pues, la integridad de la conexión equipo-tierra es de gran importancia.

Al interrumpir esta continuidad debido a un cable o una clavija de masa rotos o al empleo de un adaptador de tres clavijas de contacto a dos (con una clavija al aire) se pierde la protección. Aunque la conexión a masa no se interrumpa por completo, sólo con que presente una resistencia mayor alrededor de un ohmio, puede elevar el potencial de la caja hasta un valor tal que halla peligro de macroshock.

El riesgo de fibrilación ventricular debido a macroshock se reduce por la alta resistencia de la piel seca y la distribución espacial de la corriente a través del cuerpo ya que la resistencia de la piel limita la corriente que fluye a través del cuerpo porque la capa externa de la piel o epidermis tiene una alta resistencia entre (15 K Ω - 1 M Ω). Debido a la cantidad de agua y de aceite presente al mismo tiempo es inversamente proporcional al área de contacto.

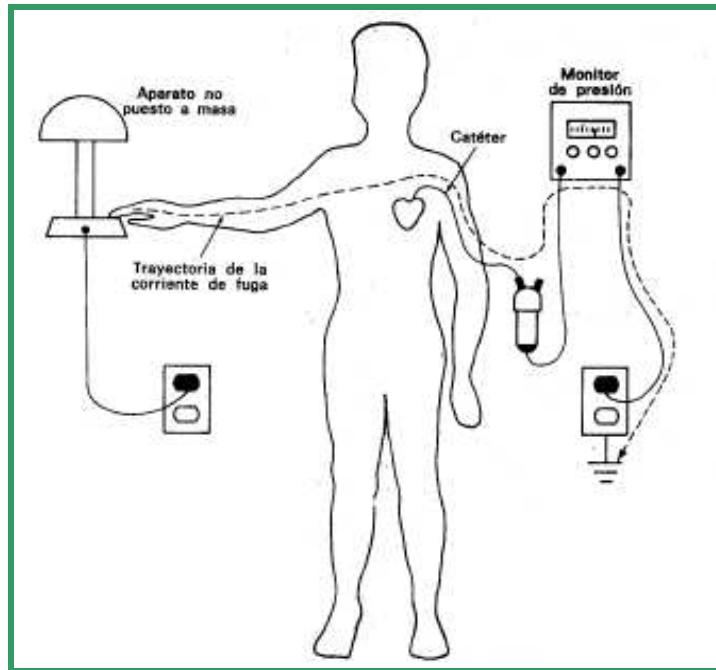
La piel mojada reduce su resistencia hasta el 1% de la seca. A diferencia, la resistencia de los tejidos internos o de las capas internas de la piel (dermis) presenta valores menores de 500 Ω .

Cualquier proceso que reduzca o elimine la resistencia de la piel aumenta la vulnerabilidad de las personas ante macroshock. Por lo tanto, los pacientes que se encuentran en cuidados intensivos, sujetos a monitorización o conectados a cualquier equipo son más susceptibles a macroshock que la población general.

8.4.2. Riesgo de Microshock. Sólo se produce como consecuencia de una pérdida del aislamiento, se pueden crear riesgos de microshock en equipos con aislamiento en perfecto estado. El mero hecho del acoplo capacitivo entre el cable activo y la caja en el equipo eléctrico puede crear corrientes de magnitud suficiente como para presentar un riesgo de microshock. Por lo tanto, muchos electrodomésticos, lámparas y aparatos de diagnósticos o terapia presentan fugas capacitivas de corriente que sobrepasan los 10 μ A. Aunque estos equipos son perfectamente seguros para trabajar en condiciones normales, pueden crear un riesgo de microshock para pacientes susceptibles a la electricidad. En la figura 35 se muestra un riesgo de microshock en el que un paciente tiene un catéter insertado por vía intravenosa.

El catéter forma parte de un transductor conectado a un monitor para visualizar ciertos parámetros y a su vez éste a la red eléctrica. Esta disposición establece una conexión a masa del corazón a través del catéter.

Figura 35. Riesgo de microshock.



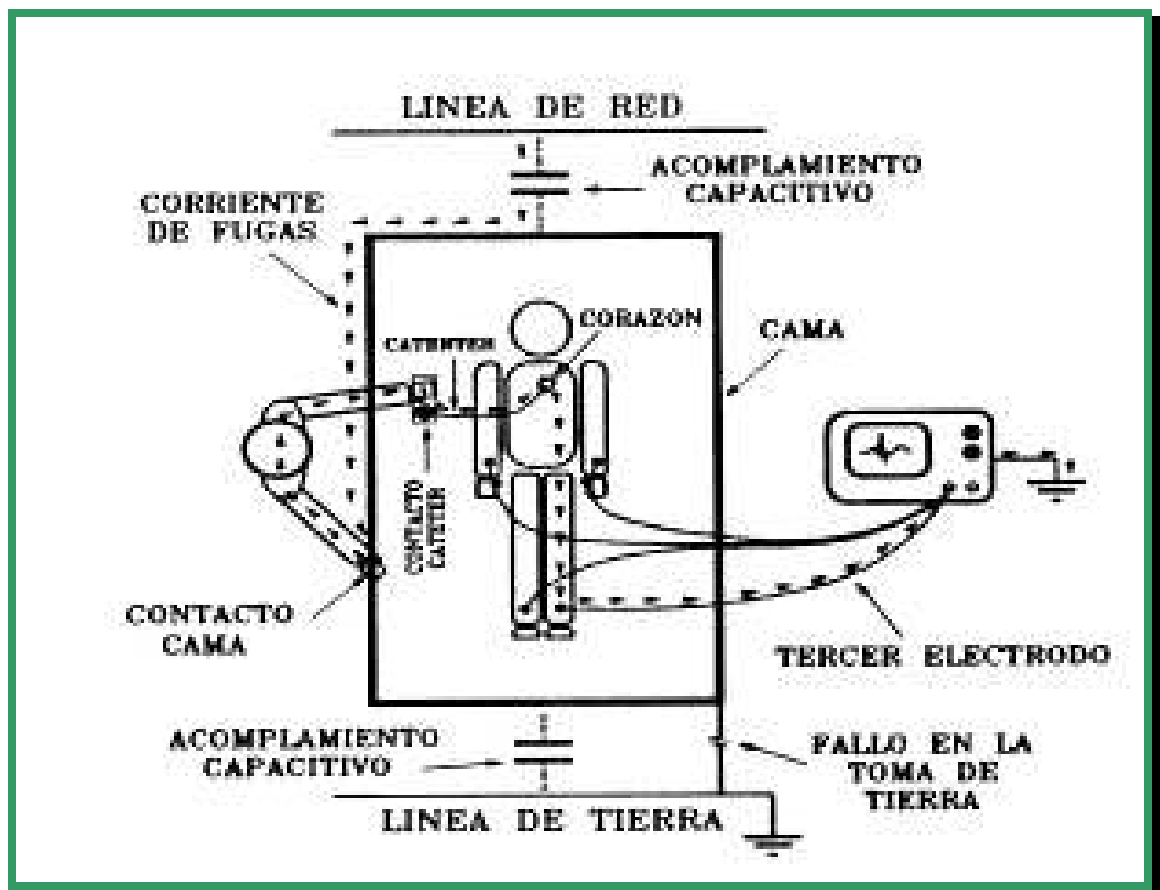
Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 16.

Esto crea un riesgo de microshock mediante cualquier contacto conductor entre el paciente y un dispositivo que no esté puesto a masa y que tenga una corriente de fuga mayor de $10 \mu\text{A}$. En la figura 35 el paciente está tocando el aparato directamente, pero este contacto se puede establecer también otra persona que toque al paciente y al aparato a la vez. Las principales causas que provocan riesgo de microshock son:

- Conductor de puesta a tierra defectuoso: gran parte de la corriente por acoplo capacitivo entre los conductores y el chasis que se deriva entre el chasis y tierra lo hace a través del paciente, en concreto, a través del corazón y del catéter. La solución es aislar eléctricamente al paciente de manera que no cierre el circuito para que no se presente la corriente a tierra a través del sujeto mediante la utilización de sistemas de aislamiento a la entrada de equipos de medida (amplificadores de aislamiento).
- Superficies metálicas cercanas al paciente y no conectadas a tierra: Cuando el paciente toca un aparato o dispositivo con corrientes de fuga.

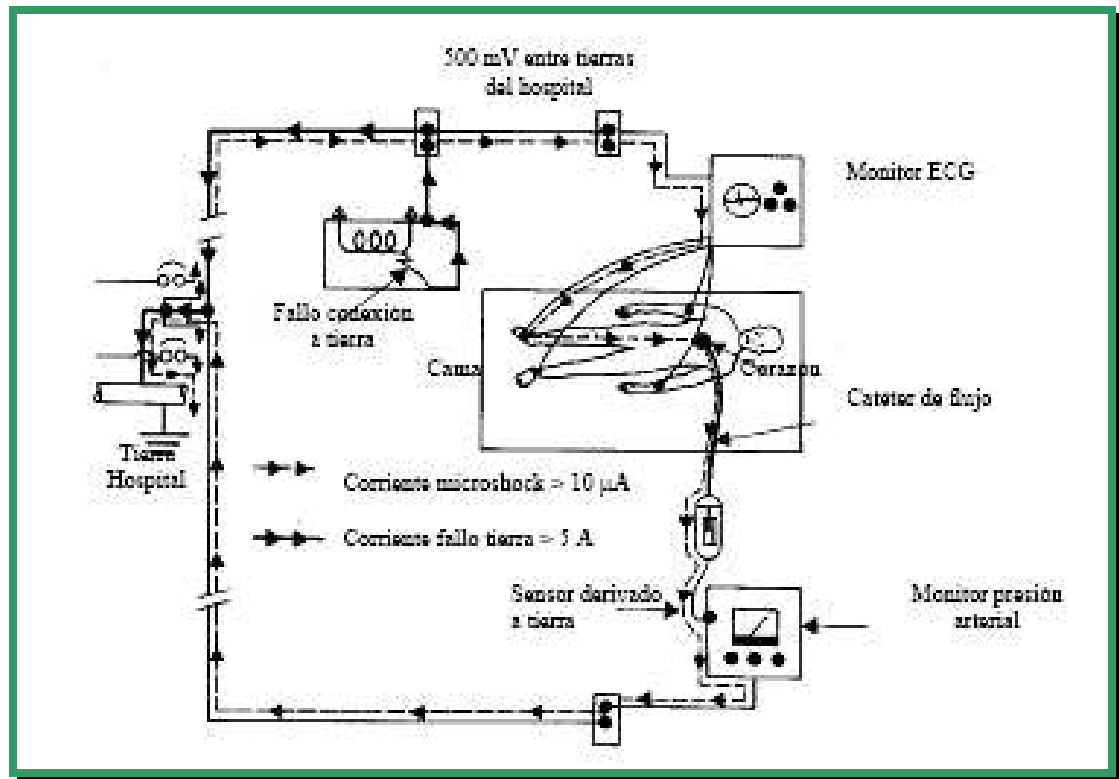
- Equipos conectados a diferentes potenciales de masas: hay riesgo si no se dispone de un equipo de masas equipotenciales, ya que para diferentes equipos conectados a un paciente, se presentan valores de masas diferentes y la diferencia de tensiones entre masas puede dar origen a los peligros de microshock.
- Equipos alimentados a baterías: estos equipos están aislados eléctricamente de tierra, también pueden presentar problemas o riesgos en el paciente; por ejemplo: en la utilización del bisturí eléctrico, las corrientes de alta frecuencia pueden acoplarse capacitivamente con el chasis y si un operador lo toca, las corrientes podrían cerrarse a tierra a través de él. Para evitar esto todo el chasis de las baterías deben estar aterrizados.

Figura 36. Superficie no conectada a tierra



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 18.

Figura 37. Equipos conectados a diferentes potenciales de masa



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 18.

8.5. CIRCUITOS ELECTRICOS EQUIVALENTES EN LOS RIESGOS HOSPITALARIOS

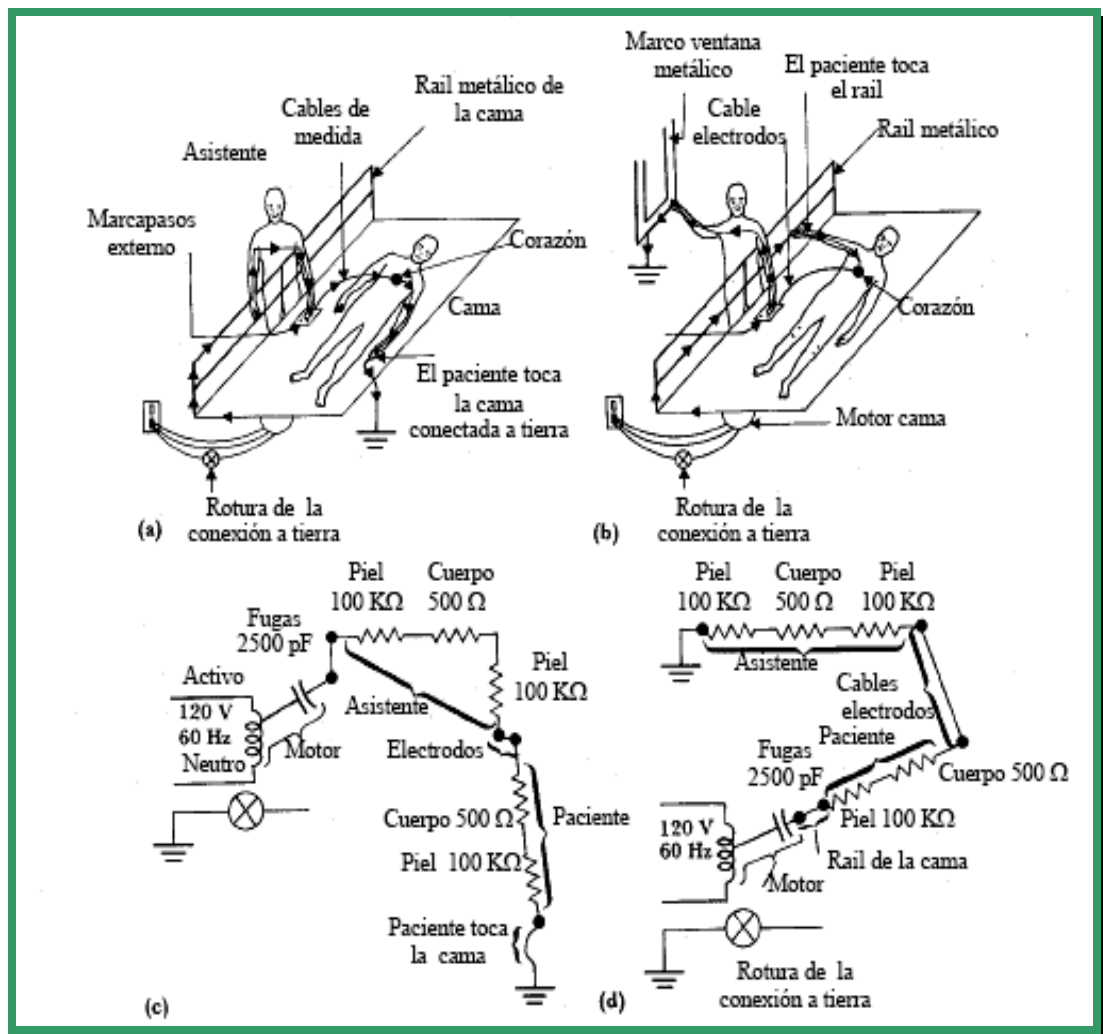
A continuación podemos observar algunos ejemplos de daños al ser humano que pueden modelarse en forma matemática.

- **Rotura del conductor de puesta tierra.** Para una tensión de red de 120 V, y una capacidad parásita de 2500 pF, pueden originarse corrientes de fuga de 110 µA considerando que la resistencia de la piel es de 100 KΩ y la del cuerpo 500 Ω. Obsérvese la Figura 38

La corriente eléctrica puede calcularse:

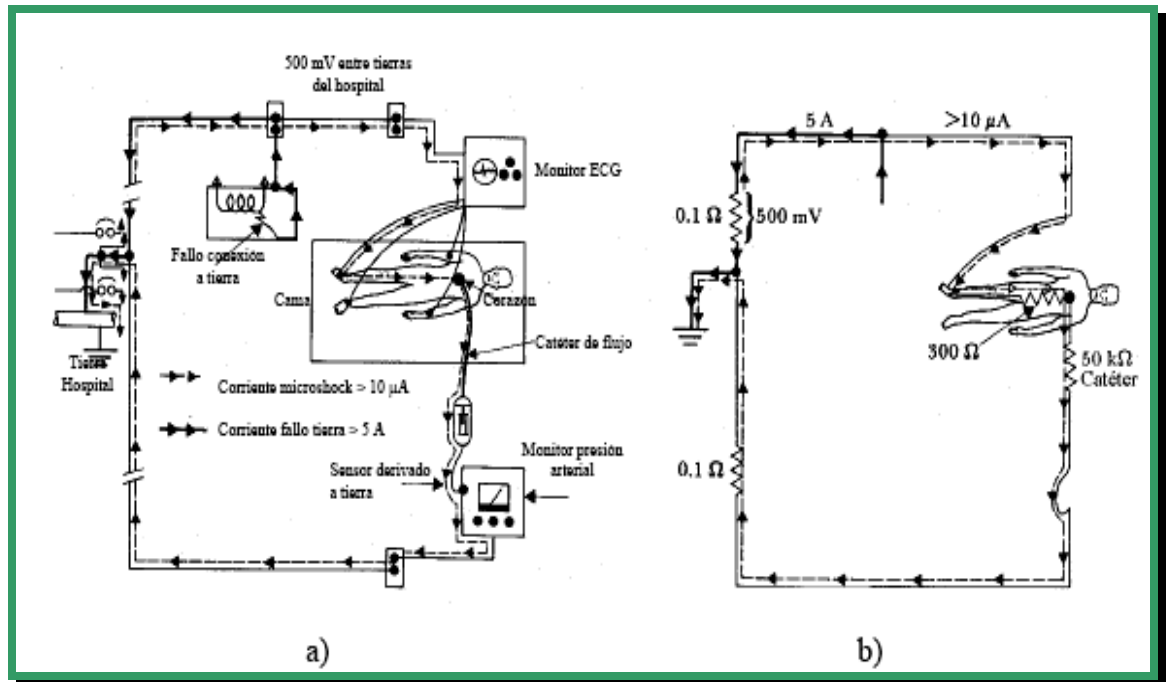
$$I = \frac{120}{\left[(1/wC)^2 + (R_{total})^2 \right]^{1/2}} = 109 \mu A$$

Figura 38 a) Microshock provocado por catéter en el corazón. b) Otra situación de microshock. c) Circuito equivalente para a). d) circuito equivalente para b).



Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 20.

Figura 39. a) Riesgo de microshock debido a la existencia de equipos conectados a diferentes potenciales de masa. b) Circuito equivalente



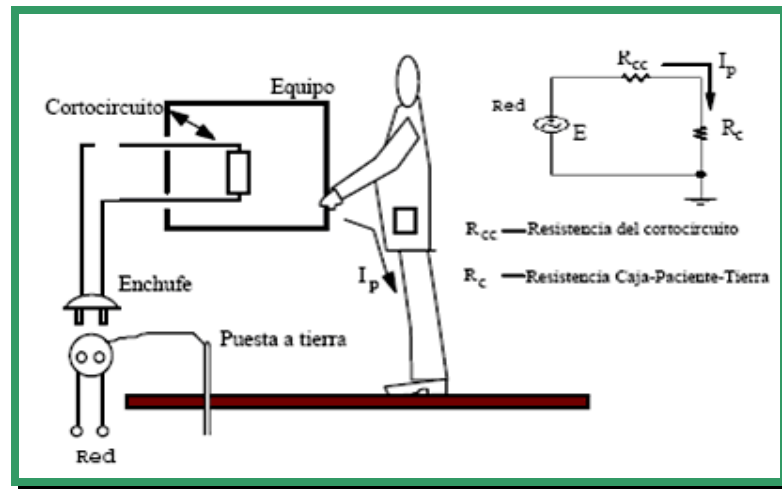
Fuente: Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); p. 21.

8.6. CORRIENTE DE FUGA

Corriente pequeña del orden de los μA que fluye entre cualquier par de conductores aislados y adyacentes que están a potenciales diferentes, en otras palabras es la corriente que fluye desde las partes activas, o sometidas a tensión eléctrica del equipo hacia la tierra a través de las partes metálicas.

Presenta una pequeña componente resistiva que fluye a través del aislamiento, el polvo y la humedad, así como una fuerte componente reactiva debido a los acoplamientos capacitivos e inductivos entre los cables de alimentación, transformadores; etcétera y el chasis del equipo. Si el aparato dispone de un tercer conductor (conductor de tierra), la corriente fluirá por él, de forma que el chasis se situará a un potencial igual a la corriente de fuga multiplicada por la resistencia del hilo de tierra. En casos normales esta tensión nunca deberá exceder unos pocos mV, evitando el peligro para el paciente como se ve en la figura 40.

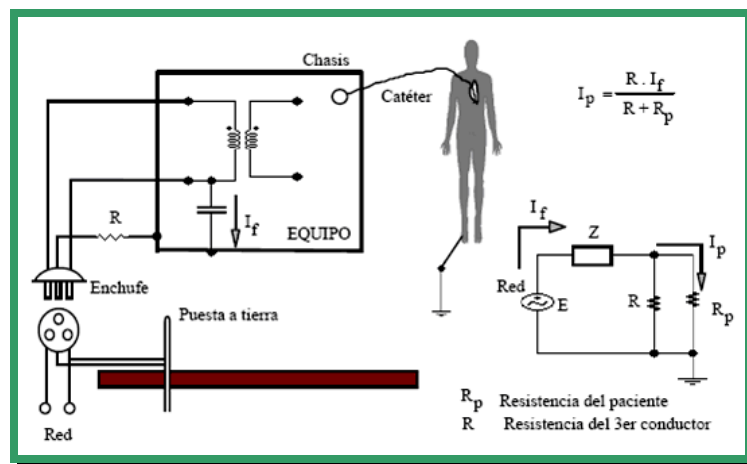
Figura 40. Peligro de Macroshok



Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 17.

Otra situación se presenta cuando existe una conexión directa al sistema cardiovascular, de manera tal que la corriente de fuga pueda atravesar el miocardio, en este caso aunque no exista falla de aislamiento la corriente que se deriva a través del paciente, aunque muy pequeña, pudiera causar estimulación no controlada del miocardio y poner en peligro la vida del paciente (riesgo de microshok), esta situación se ilustra en la figura 41.

Figura 41. Riesgo de microshok



Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 18.

Figura 42. Analizador de Seguridad Eléctrica Modelo 6100 de Quadtech



Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 40.

Para evitar daños al ser humano podemos contar con un Equipo Analizador de Seguridad Eléctrica es conveniente, pero no es imprescindible para desarrollar un buen programa de seguridad en una instalación hospitalaria, ya que las pruebas eléctricas se pueden realizar con instrumentos convencionales, puesto que son medidas de voltaje, corriente y resistencia. Lo importante es que el personal técnico, médico y paramédico domine las causas de riesgo, así como las diferentes comprobaciones que deben realizarse periódicamente, tanto al equipo electromédico como a la instalación. Si la institución hospitalaria comprende la necesidad de abordar la seguridad, con disciplina y como parte de la gestión de riesgos, la institución evitará accidentes y se salvarán vidas humanas.

9. ESPECIFICACIONES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA UNIDADES MÉDICAS

En este manual no se profundizará sobre como se debe realizar una instalación eléctrica general, para ello se deben remitir a los capítulos 2 al 4 del NTC 2050 donde se encontrará toda la información con respecto al alambrado, protecciones, métodos, materiales y equipos de uso general. De igual forma en los anexos se encontrara algunas de las tablas de mayor importancia.

Se considera primordial que el lector se ubique en la sección 250 de Sistemas de Puesta a Tierra (SPT), pagina 105 a la 145 del NTC2050, con el fin de poder comprender con mayor claridad algunos de los términos y aplicaciones que se mencionan a continuación con relación a los artículos de esta sección.

9.1. SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

9.1.1. Sistema Eléctrico de Media Tensión 13.2kv. Es el conjunto de conexiones desde la red que suministra la energía eléctrica por parte de la entidad distribuidora del área donde se realizará la conexión a 13.2 kv desde el punto de alineación eléctrica existente hasta la subestación proyectada que puede ser aérea o subterránea para acoplarla a la subestación de la unidad médica a través de la celda de protección y media tensión con seccionador.

Foto 6. Acometida aérea de media tensión 13.2 kv.



Foto 7. Celda de media tensión con seccionador de vacío



Foto 8. Celda de protección Merlin Gerin



9.1.2. Sistema Baja Tensión: Subestación. Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a al transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia. La subestaciones de distribución secundaria deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema evitando que sobrepasen las distancias de seguridad propias de los niveles de tensión de cada aplicación en particular. La persona no puede acceder al contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea.

Foto 9. Subestación Instituto Niños Ciegos y Sordos. Cali



Foto 10. Encerramiento de subestación Instituto NC & S.Cali



- **Celda B.T.** Las celdas deberán ser apropiadas para el montaje sobre cárcamo. Para prevenir accidentes por arcos internos se deben cumplir los siguientes criterios.

- ❖ Las celdas deben permitir controlar los efectos de un arco (sobre presión, esfuerzos mecánicos y térmicos), evacuando los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o dos metros por encima del frente.

- ❖ Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.

- ❖ Las piezas susceptibles de desprenderse (ejemplo: chapas, aislantes, etc.), deben de estar firmemente aseguradas.

- ❖ Cuando se presente un arco, no debe perforar partes externas accesibles, ni debe presentarse quemadura de los indicadores por gases calientes.

- ❖ Conexiones efectivas en el sistema de puesta a tierra.

Los encerramientos utilizados por los equipos que conforman las subestaciones deben alojar en su interior los equipos de corte y seccionamiento; por esta razón deben ser metálicos y los límites del encerramiento no deben incluir las paredes del cuarto dedicado al alojamiento de la subestación. Las ventanas de inspección deben garantizar el mismo grado del encerramiento y el mismo nivel de aislamiento.

Foto 11. Celda de baja tensión Instituto NC & S. Cali



- **Distribución Alimentadores.** Los conductores del alimentador deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados, tal como se establece en los capítulos 1 y 2 del NCT 2050.

Con el objeto de evitar accidentes por la errónea interpretación de los niveles de tensión y unificar los criterios para instalaciones eléctricas, se debe cumplir el código de colores para conductores establecido en la Tabla 13. Se tomará como válida para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o en su defecto, su marcación debe hacerse en las partes visibles con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito es también aplicable a conductores desnudos, con los barrajes.

Tabla 2. Código de colores para conductores (RETIE Tabla 13)

Sistema	1 ϕ	1 ϕ	3 ϕ Y	3 ϕ Δ	3 ϕ Δ -	3 ϕ Y	3 ϕ Δ
Tensiones nominales	120 V	240/120V	208/120V	240V	240/208/120V	480/277V	480V
Conductores activos	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos
Fases	Negro	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No Aplica	Blanco	Gris	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
Tierra aislada	Verde Amarillo	Verde Amarillo	Verde Amarillo	No Aplica	Verde Amarillo	No Aplica	No Aplica

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 72.

- **Blindobarraje o Bus de Barras.** Se considera que una canalización o bus de barras es un encerramiento metálico puesto a tierra que contiene conductores desnudos o aislados montados en fábrica, que generalmente suelen ser barras, varillas o tubos de cobre o aluminio. Cuando se utilizan como alimentador, los dispositivos o conexiones enchufables para las derivaciones del alimentador o los circuitos ramales alimentados desde la canalización de barras, deben contener los dispositivos de protección contra

sobre corrientes necesarios para la protección de esos circuitos. El dispositivo enchufable debe consistir en un interruptor automático de circuitos accionables desde el exterior o un interruptor-seccionador accionable desde el exterior. Cuando estos dispositivos se monten sin ser accesibles y contengan medios de desconexión, se deben instalar medios adecuados como cuerdas, cadenas o pértigas que permitan accionar el medio de desconexión desde el piso. Para mayor información remitirse al capítulo 3, sección 364 del NTC 2050.

Foto 12. Codo especial de conexión del blindobarraje.



Foto 13. Transición horizontal a vertical del blindo por buitrón



- **Bandeja Portacables.** Unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y

canalizaciones. Para profundizar sobre estas, remitirse a la sección 318 del capítulo 3 del NTC 2050.

Foto 14. Bandeja Portacable.



Foto 15 y 16. Bandeja Portacable.



- **Cableado.** Los cables se instalarán tan rectos como sea posible. Cuando se cambie la dirección, los dobles o curvas de los cables tendrán un radio muy amplio de no menos de 15 veces diámetro externo del cable o la curvatura recomendada por el fabricante de cables.

El arreglo de los cables de potencia será previsto de tal forma que permita una circulación adecuada del aire. Por lo tanto, los cables de potencia se instalarán en una sola capa y estarán en contacto solamente en casos excepcionales.

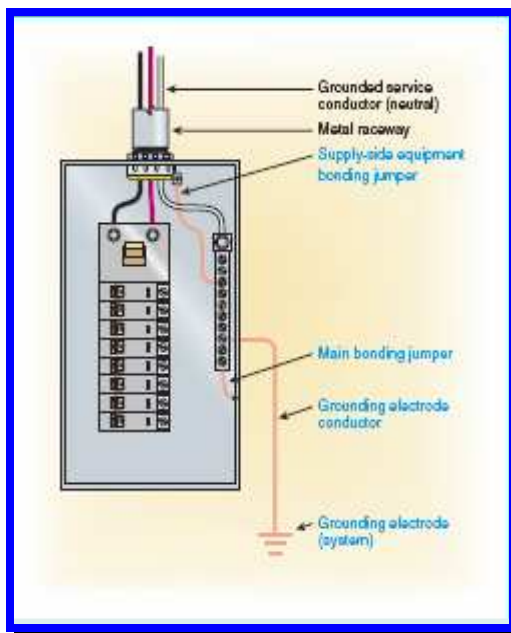
El cableado debe cumplir con el calibre mínimo de puesta a tierra de la Tabla 250-95 De la NTC2050 y el código de colores de la Tabla 13 del RETIE.

Foto 17. Cableado por Bandeja Portacable. Instituto Niños Ciegos y Sordos –Cali



9.1.3. Tablero de Distribución o Panel de distribución (*Panelboard*). Un solo panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobre corriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; esta diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente. **(Capítulo I NTC2050)**

Figura 43. Tablero de distribución con SPT



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 218.

9.1.4. Ducteria. Las tuberías, canaletas y canalizaciones para instalaciones, deberán cumplir los requisitos establecidos en el capítulo 3 de la NTC2050 primera actualización. Adicionalmente deben cumplir los siguientes requisitos:

- En ambientes corrosivos, con humedad permanente o bajo tierra, no se aceptan tuberías eléctricas metálicas que no estén apropiadamente protegidas contra la corrosión.
- En edificaciones de más de tres pisos, las tuberías eléctricas no metálicas plegables, corrugadas y de sección circular, deben ir ocultas dentro de cielorrasos, pisos, muros o techos, siempre y cuando los materiales constructivos usados tengan una resistencia al fuego de mínimo 15 minutos, excepto si se tiene un sistema contra incendio de regaderas automáticas en toda la edificación.

9.1.5. Cajas de paso y empalme. Las cajas de salida ó empalme cumplirán con lo dispuesto en la sección 370 del capítulo 3 de la NTC2050 que incluye lo siguientes puntos:

- Número de conductores según la Tabla 370-16b del NTC2050.
- Los empalmes en las cajas se deben realizar con cinta aislante que cumpla con los requisitos del capítulo 2 artículo 17 del RETIE. Las instalaciones de las cajas o accesorios en techo de concreto o ladrillo u otro material no combustible, se instalara de modo que el borde frontal de la caja no quede retirado a más de 6 mm de la superficie de la pared o techo terminados.
- Las cajas deberán estar rígidamente fijadas sobre la superficie en la cual estén instaladas o empotradas en concreto o albañilería de manera rígida y segura.
- Las cajas de salida no tendrán una profundidad interior menor de 1,3 cm. Las cajas a contener dispositivos de montaje a ras, tendrán una profundidad no menor de 2,4 cm.
- Toda salida o caja utilizada exclusivamente para alumbrado, deberá diseñarse de forma que pueda fijársele el aparato de alumbrado.
- Cajas de empalme serán construidas en lámina cold rolled, calibre #16, tratadas químicamente para desoxidación, desengrase y fosfatación, pintadas con esmalte horneado.

9.1.6. Cableado Circuitos Ramales. Los conductores de los circuitos ramales deben tener una capacidad no menor a la carga máxima que van a alimentar además, los conductores de los circuitos ramales con varias salidas para alimentar tomacorrientes para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal. Los cables cuyo conductor neutro tengan menor sección transversal que los conductores no puestos a tierra deben ir así rotulados.

Los conductores de circuitos ramales como están definidos en la sección 100 del NTC 2050, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas mas lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado, o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida mas lejana no supere el 5%, ofrecen una eficacia razonable de funcionamiento. Para la caída de tensión en los conductores del alimentador, véase el artículo 215-2 del NTC2050.

Estos circuitos ramales los encontramos desde el tablero de distribución hasta la salida (tomacorriente, interruptor, etc.) y cumplen con el código de colores

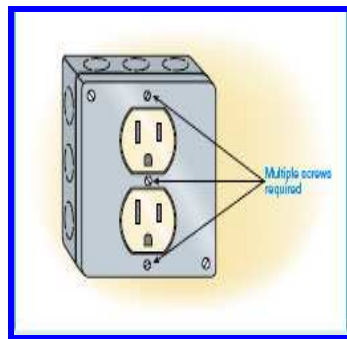
Tabla 13 del RETIE y tabla 210-24 del NTC2050 que resume los requisitos para los circuitos ramales.

9.1.7. Tomacorriente. Dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida. Un tomacorriente sencillo es un dispositivo sencillo sin más dispositivos de contacto en el mismo molde. Un tomacorriente múltiple es un dispositivo que contiene dos o más tomacorrientes según definición del capítulo 1 del NTC 2050.

Para cierto tipo de aplicaciones, es importante el uso de tomacorrientes especiales, como son:

- **Tomacorriente de uso común (con polo a tierra).** Tomacorriente con un contacto hembra que hace el primer contacto eléctrico a tierra con el contacto macho de una clavija al conectar un equipo. Hay de dos tipos: con el polo a tierra unido a la caja (molde) o con el polo a tierra aislado (para equipos sensibles), capítulo 1 del NTC 2050.

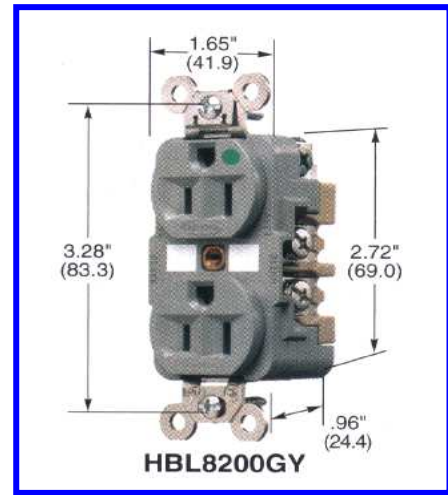
Figura 44. Tomacorriente doble con polo a tierra



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 471.

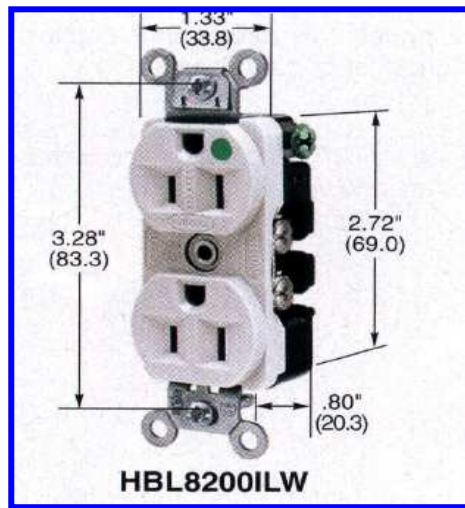
- **Tomacorriente grado hospitalario.** Todos los tomacorrientes clasificados como Grado Hospitalario, se deben señalar con **un punto verde** localizado en el frente y cumplir con unas pruebas adicionales a las de un tomacorriente normal como se establece en la norma **UL498**. Para estos tomacorrientes, la característica principal, es que los contactos son diseñados tal que tienen una fuerza (presión o agarre de la clavija) superior a cualquier otro toma, estos contactos permiten sujetar el enchufe para que no se suelte con facilidad y que son diseñados para resistir impactos

Figuras 45 y 46. Diferentes clases de Tomacorrientes Dobles Grado Hospitalario



Fuente: Hubbell Virtual Catalogs. Dynamic on-line catalogs with zoom. Self Test **GFCI** Receptacle [en línea]. Mexico: Hubbell, 2006. [Consultado 11 de Junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hubbell-wiring.com>

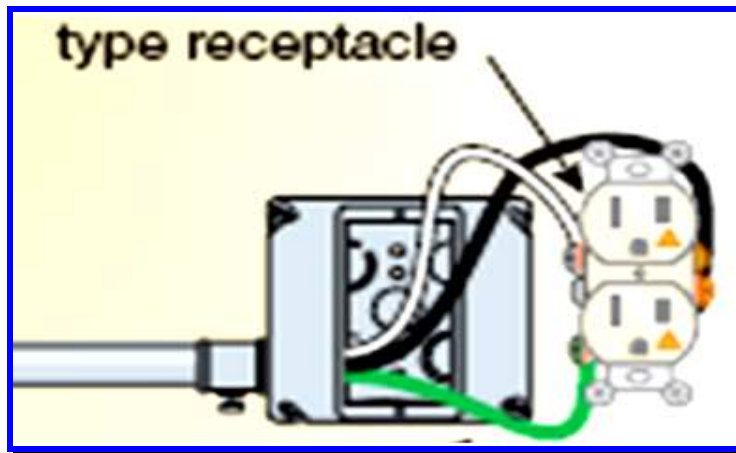
Figura 47 y 48. Diferentes clases de Tomacorrientes Dobles Grado Hospitalario



Fuente: Hubbell Virtual Catalogs. Dynamic on-line catalogs with zoom. Self Test **GFCI** Receptacle [en línea]. Mexico: Hubbell, 2006. [Consultado 11 de Junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hubbell-wiring.com>

- **Tomacorriente regulado o Tomacorriente con terminal de puesta a tierra aislado.** Cuando se requiere reducir el ruido eléctrico (interferencia electromagnética) en el circuito de puesta a tierra, se permite un tomacorriente con el terminal de tierra aislado del receptáculo donde va a ser montado. El terminal de tierra del tomacorriente debe estar aterrizado a través de un conductor, el cual puede pasar por varios tableros sin ser aterrizado a su sistema de puesta a tierra, pero si se tiene que conectar al neutro en la fuente del sistema (donde se genera el neutro del transformador de potencia). Estos deben ser identificados con **un triángulo color naranja**, localizado enfrente del tomacorriente.

Figura 49. Tomacorriente con terminal de puesta a tierra aislado

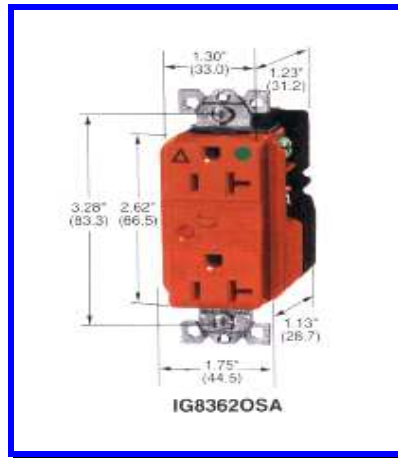


Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 135.

La idea del toma Tierra Aislada, es que el toma no se conecte a la estructura metálica del edificio, sino que este conectado directamente a la barra a tierra del tablero de donde se alimenta el circuito de tomas, buscando de esta forma, el camino más cercano y más rápido a tierra para cualquier tipo de corrientes anómalas indeseables, protegiendo de esta manera los equipos conectados, La barra a tierra del tablero, al final estará conectada a la malla a tierra del edificio.

Bajo los estándares NEMA/UL, estos tomacorrientes son especiales y por lo tanto deben ser diseñados y cumplir una serie de características especificados por UL498. Se reconocen con facilidad porque el toma normalmente es color naranja y al frente del mismo tiene un triángulo que normalmente es color verde.

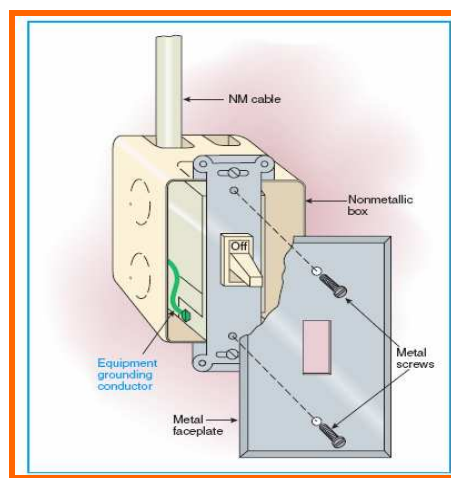
Figura 50. Tomacorriente doble grado hospitalario con puesta a tierra aislado



Fuente: Hubbell Virtual Catalogs. Dynamic on-line catalogs with zoom. Self Test **GFCI** Receptacle [en línea]. Mexico: Hubbell, 2006. [Consultado 11 de Junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hubbell-wiring.com>

9.1.8. Interruptores eléctricos sencillos. Dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente. Su capacidad se establece en amperios y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal. Cumple funciones de control y no de protección. Según capítulo II de la NTC2050

Figura 51. Interruptor con SPT



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 467.

9.1.9. Iluminación. Se debe tener una buena iluminación por seguridad, rendimiento en el trabajo mediante unos requisitos mínimos según el artículo 16 del RETIE en los proyectos de iluminación como son en el diseño e instalación:

El diseño de iluminación debe comprender las siguientes condiciones esenciales:

- Suministrar una cantidad de luz suficiente.
- Eliminar todas las causas de deslumbramiento.
- Prever el tipo y cantidad de luminarias apropiadas para cada caso particular teniendo en cuenta su eficiencia.
- Utilizar fuentes luminosas que aseguren una satisfactoria distribución de los colores.

En la instalación:

- Debe de existir suministro ininterrumpido de iluminación de sitios y áreas donde la falta de esta puede originar riesgos para la vida de las personas, como en áreas críticas y en los medios de egreso para evacuación.
- No se permite la utilización de lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia.
- Los alumbrados de emergencia equipados con grupos de baterías, deben permanecer en funcionamiento un mínimo de 90 minutos después que se interrumpa el servicio eléctrico normal.
- Los residuos de las lámparas deben ser manejados cumpliendo la regulación sobre manejo de desechos, debido a las sustancias tóxicas que pueden poseer.
- En lugares accesibles a personas donde se operen máquinas rotativas, la iluminación instalada debe diseñarse para evitar el efecto estroboscópico.

Para efectos del presente reglamento se establece los siguientes niveles de iluminancia, adoptados de la norma ISO 8995. El valor medio de iluminancia, relacionado en la Tabla 3. Debe considerarse como el objetivo de diseño, pero el requisito exigible es que el valor medio de la altura del sitio de trabajo se encuentre entre el rango del valor mínimo y el valor máximo.

Tabla 3. Niveles típicos de iluminancia, adoptados de la Norma ISO 8995

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (Lx)		
	Min.	Med.	Máx.
Hospitales			
Salas	50	100	150
Iluminación general	200	300	500
Examen	150	200	300
Lectura	3	5	10
Circulación nocturna			
Salas de examen	300	500	750
Iluminación general	750	1000	1500
Inspección local			
Terapia intensiva	30	50	100
Cabecera de la cama	200	300	500
Observación	200	300	500
Estación de enfermería			
Salas de operación	500	750	1000
Iluminación general	10000	30000	100000
Iluminación local			
Salas de autopsia	500	750	1000
Iluminación general	5000	10000	15000
Iluminación local			
Consultorios	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			
Farmacia y laboratorios	300	400	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogota, D.C.: 2005. p. 97.

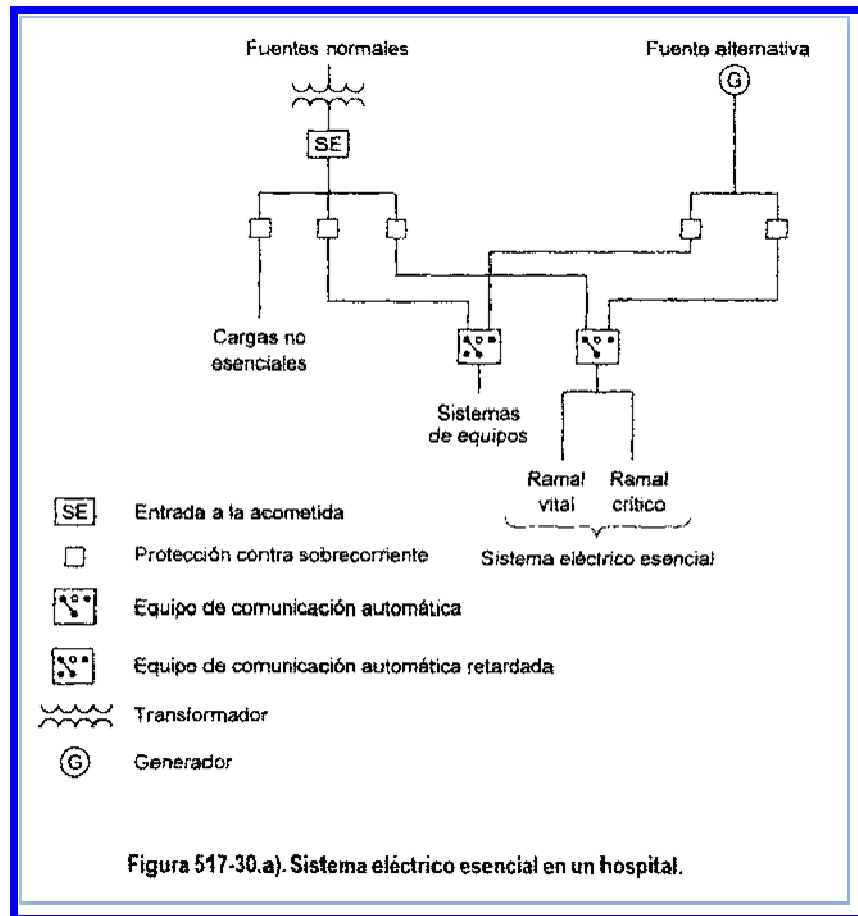
9.2. SISTEMA ALTERNO DE POTENCIA EN INSTITUCIONES MÉDICAS

A continuación encontramos unos artículos del NTC 2050 de la sección 517 con relación al respaldo eléctrico que debe tener toda institución médica. Debido a que es vital en el cuidado de pacientes que se encuentren en estado crítico o que en el momento de una ausencia de electricidad estén en cirugía. De igual forma como se ha mencionado anteriormente para una mayor información remitirse al código eléctrico colombiano NTC 2050 sección 517 “Instituciones de Asistencia Medica” páginas 450 a 477.

9.2.1. Sistema eléctrico esencial (Alcance). El sistema eléctrico esencial de las instituciones de asistencia médica debe consistir en un sistema capaz de dar suministro a un número limitado de salidas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón.

Estos sistemas incluyen a las clínicas, consultas médicas y dentales, instalaciones ambulatorias, centros de acogida, centros de cuidados limitados, hospitales y otras instituciones de asistencia médica que atiendan a pacientes.

Figura 52 Sistema eléctrico esencial en un hospital.



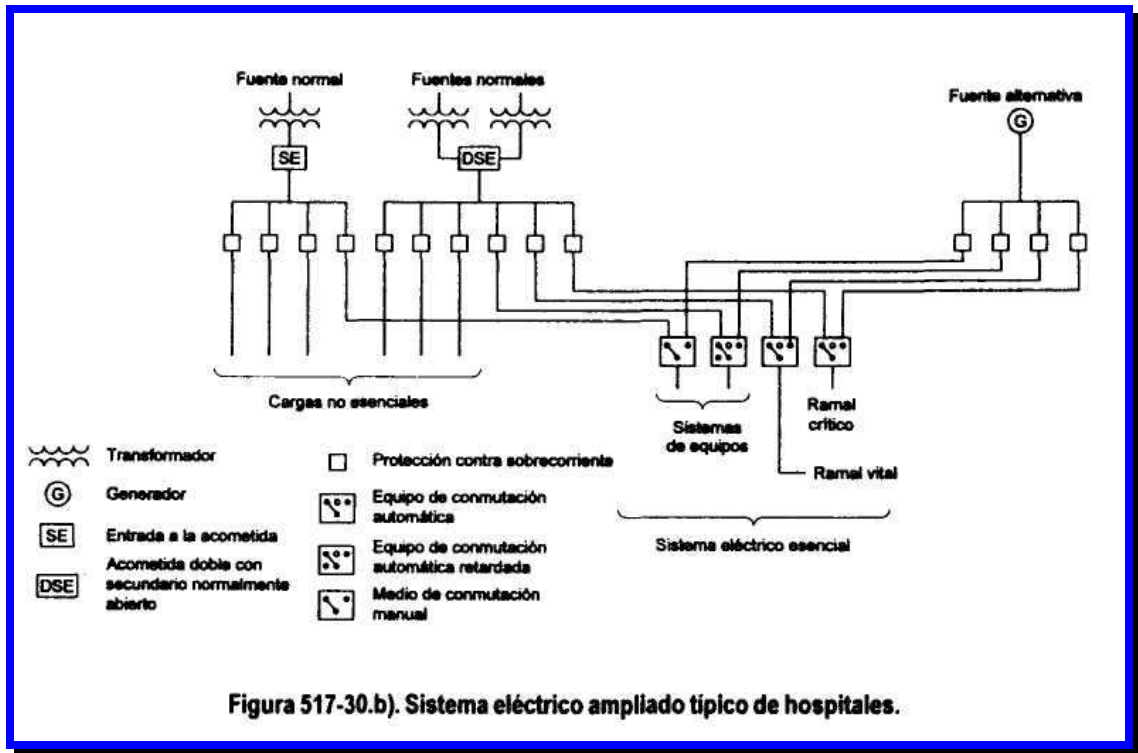
Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS CLOMBINAS. Normas colombianas para instalaciones eléctricas. Primera actualización. Santafé de Bogota, D.C.: ICONTEC, 2002. p. 582. NTC 2050

9.2.2. Condiciones de los Sistemas eléctricos en hospitales. Los sistemas eléctricos esenciales en los hospitales deben constar de dos sistemas independientes capaces de suministrar corriente a un número limitado de tomas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por

cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser el de emergencia y el de equipos.

- El sistema de emergencia se debe limitar a los circuitos esenciales de asistencia vital y de atención crítica a los pacientes. Estos dos circuitos se denominan “ramal vital” y “ramal crítico”.
- El sistema de los equipos debe suministrar corriente a los principales equipos eléctricos necesarios para la atención a los pacientes y el funcionamiento básico del hospital.
- El número de conmutadores de transferencia utilizados se debe basar en consideraciones de confiabilidad, diseño y cargas. Cada ramal del sistema eléctrico esencial debe estar conectado a uno o más conmutadores de transferencia, como se ve en las Figuras 52 y 53. En una instalación cuya demanda máxima del sistema eléctrico esencial sea de 150 KVA, como se ve en la Figura 54, se permite que haya un conmutador de transferencia para uno o más ramales o sistemas.
- Otras cargas. Las cargas alimentadas por generadores no descritos específicamente en los Artículos 517-32,33 y 34, deben estar conectadas a sus propios conmutadores de transferencia, de modo que estas cargas:
 - ❖ No se transfieran si la transferencia puede sobrecargar el generador.
 - ❖ Se desconecten automáticamente si se produce sobrecarga del generador.
- Se permite que las fuentes de alimentación y las fuentes alternativas de suministro de los hospitales alimenten el sistema eléctrico esencial de instalaciones contiguas o en el mismo sitio.

Figura 53. Sistema eléctrico ampliado típico de hospitales

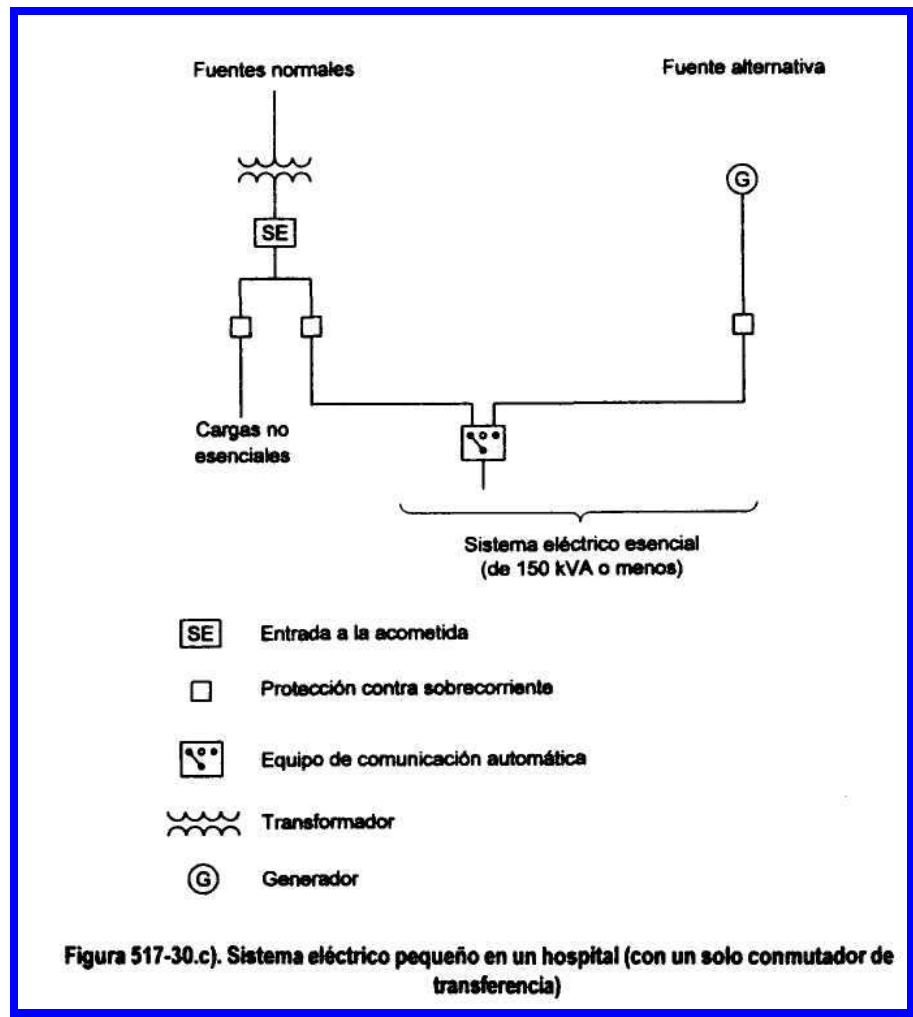


Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS CLOMBINAS. Normas colombianas para instalaciones eléctricas. Primera actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: ICONTEC, 2002. p. 584. NTC 2050

- **Separación de otros circuitos.** El ramal vital y el crítico del sistema de emergencia deben mantenerse totalmente independientes de cualquier otro alambrado y equipo y no deben estar en las mismas canalizaciones, cajas o armarios unos con otros ni con ningún otro alambrado. Se permite que el alambrado del sistema de equipos vaya en las mismas canalizaciones, cajas o armarios de otros circuitos que no formen parte del sistema de emergencia.
- **Sistema de potencia aislado.** Cuando en cualquiera de las áreas especificadas en el Artículo 517-33 del NTC 2050 se instalen sistemas de potencia aislados, cada sistema debe estar alimentado por un solo circuito al que no alimente otras cargas.
- **Protección mecánica del sistema de emergencia.** El alambrado del sistema de emergencia en un hospital debe estar protegido mecánicamente por la instalación de canalizaciones metálicas no flexibles o estar formado por cables tipo MI. Cuando la instalación sea con conductores de circuito ramal que

sirven áreas de cuidados de pacientes, se deben cumplir los requisitos del artículo 517-13 del NTC2050.

Figura 54. Sistema eléctrico pequeño en un hospital, con un solo conmutador de transferencia



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS CLOMBINAS. Normas colombianas para instalaciones eléctricas. Primera actualización. Santafé de Bogota, D.C.: ICONTEC, 2002. p. 585. NTC 2050

- **Capacidad de los sistemas.** El sistema eléctrico esencial debe tener una capacidad suficiente para satisfacer la demanda de funcionamiento de todos los equipos y artefactos conectados a cada sistema y ramal.

Los alimentadores se deben dimensionar de acuerdo con las Secciones 215 y 220 del NTC2050. El grupo o grupos electrógenos deben tener una potencia y capacidad adecuada para satisfacer la demanda que supongan.

- **Sistema de emergencia.** Las funciones de atención a los pacientes que dependan de alumbrado o de artefactos conectados al sistema de emergencia, se deben dividir obligatoriamente en dos ramales: el vital y el crítico, tal como se describen en los Artículos 517-32 y 517-33 del NTC2050.

Los ramales del sistema de emergencia se deben instalar y conectar a la fuente de alimentación alternativa de forma que todas las funciones especificadas aquí para esos sistemas se restablezcan automáticamente antes de diez segundos desde la interrupción del suministro normal.

9.2.3. UPS. Sistema Ininterrumpido de potencia. La UPS es un dispositivo estático o sistema que provee energía a cargas críticas unos milisegundos después del corte de la alimentación normal. Durante este tiempo normalmente no deben de salir de servicio ninguno de los equipos que alimenta.

Son dispositivos altamente eficientes que suministran un voltaje regulado en AC a sus terminales de salida. En el evento de una pérdida total de potencia, la potencia de salida de la UPS es generalmente suministrada por lo que se asemeja a un banco de baterías. Las UPS son generalmente no especificadas por códigos de requerimientos para hospitales o en el cuidado de la salud, sin embargo los sistemas de UPS están incrementándose dentro de los diseños eléctricos para los equipos de unidades de cuidado intensivo, equipos de diagnóstico, laboratorios, iluminación de lugares determinados o en lugares donde se hace necesario del servicio eléctrico constante para la seguridad de las personas. (IEEE recommended practice for electric systems in health care facilities).

Figura 55. UPS Trifásica Sunstone DE 30 KVA



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC, Configurador de Protección Contra Sobretensiones [en línea]. México: Schneider Electric, 2007. [Consultado el 5 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.mgeups.es/productos/galaxypw.php>

Figura 56. UPS Trifásica Galaxy 6000 160/200/250/300/400/500/600/800 KVA



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC, Configurador de Protección Contra Sobretensiones [en línea]. México: Schneider Electric, 2007. [Consultado el 5 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.mgeups.es/productos/galaxypw.php>

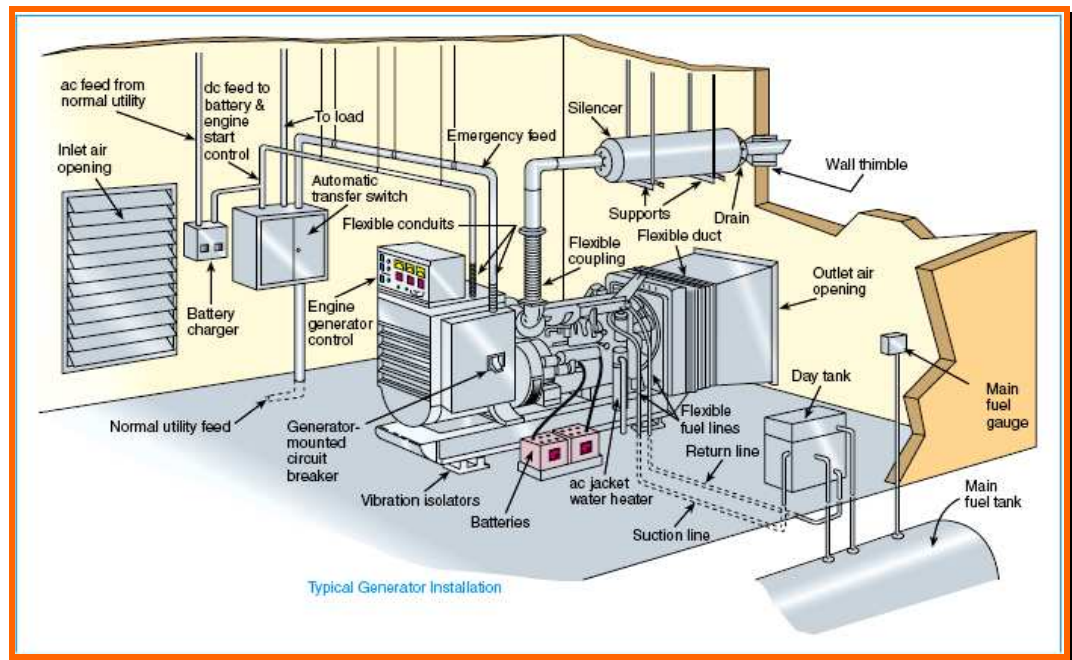
9.2.4. Planta de Emergencia. Las plantas de emergencias son requeridas para todas las instalaciones de asistencia médica en el suministro de energía eléctrica de forma automática a sistemas de alumbrado y fuerza para aéreas y equipos determinados en caso de falla del suministro normal, con el fin de mantener la iluminación en áreas críticas, para la seguridad en las salidas, evitar el pánico en ascensores y suministrar corriente para detección y alarma contra incendios, bombas contra incendios, sistemas de comunicación, es decir para evitar cualquier riesgo en la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud.

Las exigencias básicas son definidas por las autoridades municipales, estatales, distritales, departamentales federales. Las organizaciones, como la comisión conjunta sobre el acreditamiento de hospitales, también tienen normas que requieren la adhesión. Los equipos, materiales, diseños y pruebas se apegarán a lo mencionado en las últimas ediciones y revisiones de las Normas y reglamentos que a continuación se indican:

- NTC 2050
- EGSM Electrical Generating Systems Marketing Association
- ANSI American National Standard Institute
- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- IEC International Electrotechnical Comisión

La conexión a tierra debe considerarse si la transferencia es de tres o cuatro vías.

Figura 57. Esquema de una planta de emergencia



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 1061.

Foto 18. Planta de Emergencia



9.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

A continuación se presentan algunas propuestas de especificaciones técnicas relacionadas con esta temática, como son:

- Apantallamientos: método electrogeométrico y anillos de apantallamiento.
- Supresores de transitorios (DPS).
- Sistemas de PT.

9.3.1. Apantallamiento. Método Electrogeométrico. Este es un sistema analítico desarrollado pro Gilman y Whitehead referido a un modelo electrogeométrico par determinar la efectividad de los apantallamientos. En la Figura 68, se observa la aplicación del método, el cual define unos volúmenes de protección, que se pueden interpretar como carpas de un circo que protegen a quienes están adentro.

En él pretende que los objetos a ser protegidos sean menos atractivos a los rayos que los elementos apantallamiento; esto se logra determinado el “radio de atracción” del rayo a un objeto, cuyo significado, es la “la longitud del último paso del líder de un rayo, bajo la influencia de un terminal (**pararrayo**) que lo atrae, o de la tierra”.

La distancia de descarga determina la posición de la estructura apantalladora con respecto al objeto que se requiere proteger, tomando en cuenta la altura de cada uno con respecto a la tierra. Dicha distancia está relacionada con la carga del canal del rayo y por lo tanto, es una función de la corriente de la descarga de retorno.

Este método sigue siendo aplicado a nivel mundial, sin embargo, es importante tener en cuenta que presenta diferencias entre la teoría y algunos resultados en la práctica, por lo que está siendo revisado por comités internacionales como GIGRE WG33, 01 “Lightning”.

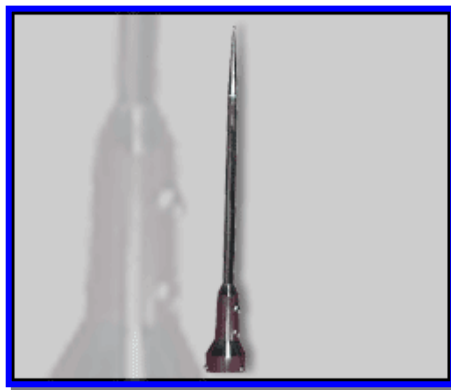
Figura 58. Método electrogeométrico



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 46.

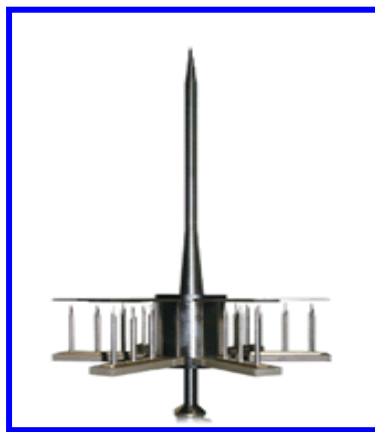
- **Pararrayos o Terminales de Captación.** Elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación a proteger. Más técnicamente se denomina terminal de captación y se pueden utilizar de cualquier tipo menos los pararrayos o terminales de captación con material radioactivo según la constitución nacional y el ministerio de medio ambiente en el capítulo VIII artículo 44 del RETIE. A continuación se ilustra algunos de los pararrayos más comunes.

Figura 59. Pararrayos Tipo FRANKLIN, de (1) punta, Base a Mástil



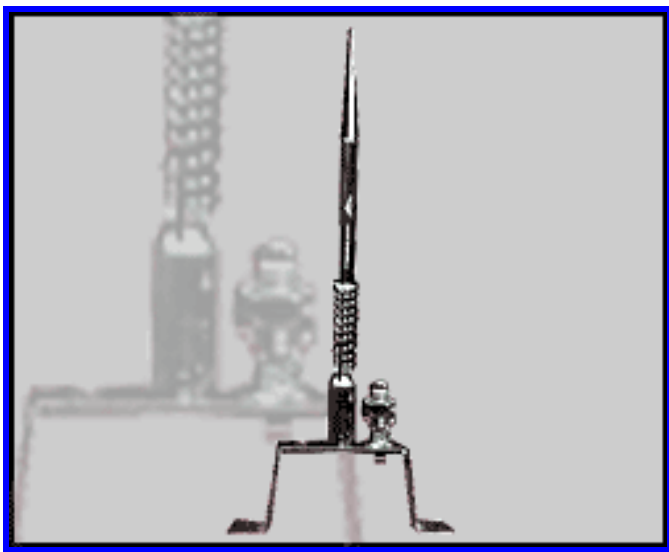
Fuente: Pararrayos y Aterrizamientos, CA [en línea]: Pararrayos tipo Franklin Catalogo A200. Republica Dominicana: Pararrayos Praca, 2007. [Consultado 10 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.pararrayospraca.com/pararrayos.asp>

Figura 60. Pararrayos con dispositivo de cebado normalizado UNE 21-186 y NFC 17-10.



Fuente: Pararrayos y Aterrizamientos, CA [en línea]: Pararrayos tipo Franklin Catalogo A200. Republica Dominicana: Pararrayos Praca, 2007. [Consultado 10 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.pararrayospraca.com/pararrayos.asp>

Figura 61. Pararrayos Tipo FRANKLIN, de (1) punta, Base Retráctil



Fuente: Pararrayos y Aterrizamientos, CA [en línea]: Pararrayos tipo Franklin Catalogo A200. Republica Dominicana: Pararrayos Praca, 2007. [Consultado 10 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.pararrayospraca.com/pararrayos.asp>

- **Anillos de apantallamiento.** Se instalan en lo alto de los edificios y en sus contornos con alambre de cobre de 8 mm de diámetro o cable desnudo No.2 AWG de 7 hilos o más, pero preferiblemente mimetizados en la mampostería. En edificios de mas de 25 m se montará un anillo perimetral adicional por cada 50 m adicionales.

Figura 62. Apantallamiento y SPT para edificios.



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 166.

9.3.2. Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias DPS.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias o descargador de sobretensiones pueden ser:

- Del tipo conmutación de tensión: DPS que tiene alta impedancia cuando no esta presente un transitorio, pero que cambia súbitamente su impedancia a un

valor bajo en respuesta a un transitorio de tensión como los vía de chispas, tubos de gas, tiristores y triac's.

- Del tipo limitación de tensión: DPS que tiene alta impedancia cuando no esta presente un transitorio, pero se reduce gradualmente con el incremento de la corriente y la tensión transitoria como los diodos de supresión y los varistores

Se establecen los siguientes requisitos para instalación de DPS, adaptados de normas como IEC 61643-12, IEC 60664, IEC 60071, IEC 60099, IEC 60364-4-443, IEC 60364-5-534, IEC 61000-5-6, IEC 61312, IEEE 141, IEEE 142 y NTC 4552:

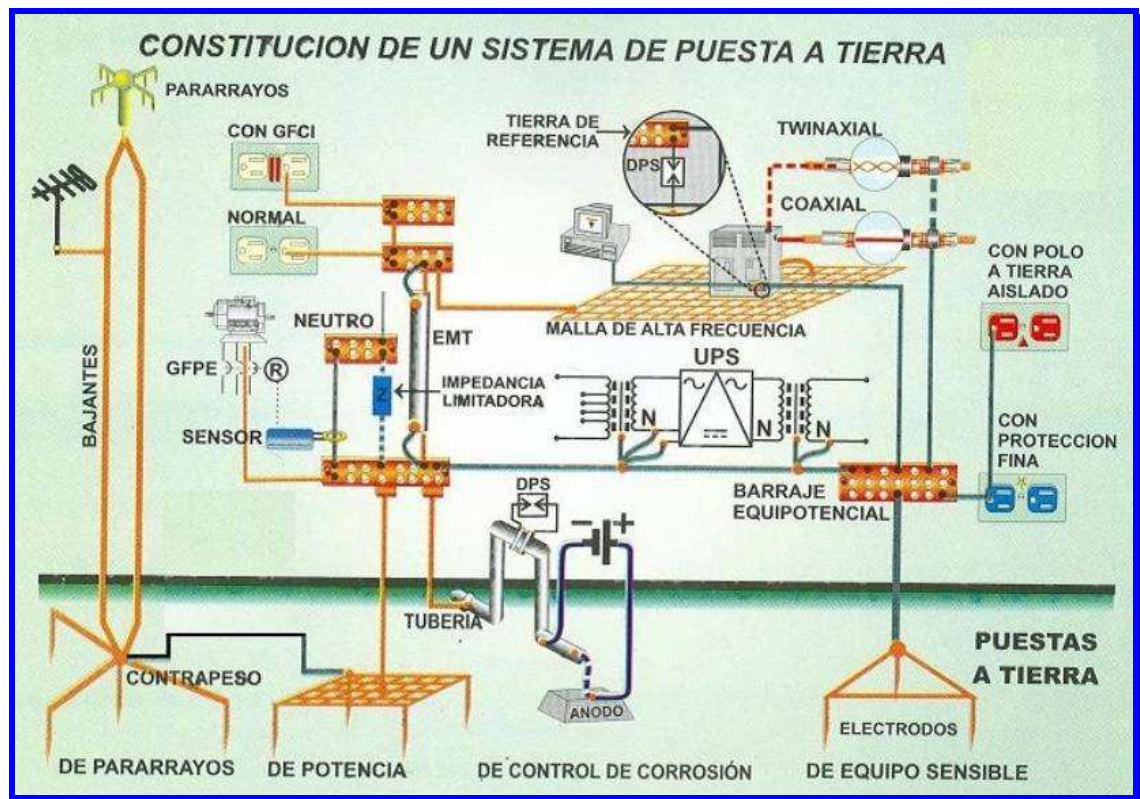
- Toda subestación y toda transición de line aérea a cable aislado de media, alta o extra alta tensión, deben disponer de DPS. En los demás equipos de media, alta o extra alta tensión o en redes de baja tensión o uso final, la necesidad de DPS dependerá de una evaluación técnica objetiva del nivel de riesgo por sobretensiones transitorias a que pueda ser sometido dicho equipo o instalación. esta deberá tener en cuenta el uso de la instalación, coordinación de aislamiento, la densidad de rayos a tierra, condiciones topográficas de la zona, personas que podrían someterse a una sobretensión y los equipos a proteger.
- Para la instalación de un DPS se debe tener en cuenta que la distancia entre los bornes del mismo y los equipos a proteger debe ser lo mas corta posible, de tal manera que la inductancia sea mínima. En baja tensión los conductores de conexión a lo red y la tierra no deben ser de calibre inferior a 14 AWG en cobre. En media, alta y extra alta tensión los conductores de conexión a la red y a tierra no deben ser de calibre inferior a 6 AWG.
- Se debe tener como objetivo que la tensión residual del DPS sea casi igual a la aplicada al equipo.

9.3.3. Sistema de Puesta a Tierra (SPT). Introducción a los SPT. Los sistemas de puesta a tierra (SPT) son componentes cada vez más importantes de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo, de cargas eléctricas originadas por rayos, electricidad estática o fallas del sistema. En el caso de hospitales las puestas a tierra se constituyen en el verdadero y más tangible seguro de vida de los pacientes.

Se consignan los principales criterios a aplicar para los sistemas de puesta a tierra de hospitales. Los requerimientos estipulados por el Código Eléctrico

Nacional (ICONTEC 2050 Sección 250), exigen que todas las partes metálicas de los equipos eléctricos- electrónicos sean conectadas a tierra, así como el neutro de sus fuentes de suministro (tableros principales, neutros del secundario de transformadores derivados separadamente, UPS o fuentes ininterrumpidas de tensión, generadores, etc.) (Ver Figura 63)

Figura 63. Constitución de un sistema de puesta a tierra



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 110.

Como una condición adicional todas las instalaciones metálicas externas del edificio ó casetas, estructuras soportes, equipos de aire acondicionado, tanques de combustible, vientos de torres, etc. Deberán estar sólidamente conectados al anillo de aterrizamiento exterior de las instalaciones. Esto nos ofrece un excelente apantallamiento contra cualquier fenómeno de inducción electrostática ó electromagnética, producto del desplazamiento de grandes bloques de corriente.

9.3.4 . Características de un SPT. El camino a tierra desde circuitos, equipos y cubiertas debe:

- ❖ Ser permanente y continuo.
- ❖ Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- ❖ Tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad, cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- ❖ Tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra y asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.
- ❖ Evitar ruidos eléctricos.
- ❖ Ser resistente a la corrosión.
- ❖ Tener un costo lo más económico posible.

9.3.5 Consecuencias de no tener un SPT. El no poseer puestas a tierra trae como consecuencia:

- ❖ Discontinuidad en el servicio.
- ❖ Fallas múltiples a tierra (fase- tierra; fase- fase).
- ❖ Posibilidad de incendios por arcos.
- ❖ Hace más difícil la localización de fallas.
- ❖ Puede generar tensiones anormales.
- ❖ Sobretensiones del sistema de potencia.
- ❖ Incremento de costos

• **Ruido Eléctrico.** El ruido eléctrico consiste en cualquier voltaje de CA, voltaje de ruido o voltaje de sobretensión que ocurre entre los conductores de tierra (cable verde) de los receptáculos de CA en diferentes partes de un edificio. Existe como resultado de la inyección de ruido en los cables de tierra, fallas de cableado o circuitos de potencia sobrecargados. Existen tres clases de

ruido eléctrico a saber: de la red, intrínsecos al dispositivo (equipo) y de por interferencia.

Los tipos de ruidos los podemos clasificar por:

- ❖ Impedancia común
- ❖ Acople capacitivo
- ❖ Acople magnético
- ❖ Transitorios en las líneas de transmisión
- ❖ Cables largos
- ❖ Cables móviles
- ❖ AM, FM y RF

• **Corrientes Espúreas.** También llamadas errantes, dispersas, telúricas, geomagnéticas, estáticas, erráticas, de fuga, homopolares, parásitas o vagabundas, son corrientes permanentes que se pueden presentar por diversas causas.

Las posibles fuentes de las corrientes espúreas son:

- Desbalance de los transformadores
- Cables rotos
- Aislamientos inadecuados
- Aislamientos desgastados
- Cortocircuitos
- Vías electrificadas
- Cercas electrificadas
- Acción galvánica
- Protecciones galvánicas

- Tensiones inducidas
- Circuitos de baterías
- Rayos
- Electricidad estática
- Radio frecuencia

- **Electricidad Estática.** Electrostática es la ciencia que estudia las propiedades y acción recíproca de las cargas eléctricas en reposo con respecto a un sistema inercial de referencia. Un cuerpo electrizado es aquel cuyos átomos están más o menos ionizados, según la cantidad de electrones agregados o quitados.

La electricidad estática es el fenómeno asociado con la aparición de carga eléctrica en la superficie de un aislante o de un cuerpo conductor aislado. Los sistemas deben controlar y disipar las cargas electrostáticas causadas por flujo de fluidos o de aire y otros mecanismos de generación de carga, con el fin de evitar igniciones en ambientes clasificados como peligrosos, descargas en circuitos electrónicos y en personas. Desde la óptica de la EMC (Compatibilidad Electromagnética) se tiene:

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| ❖ Fuente: | Medio ambiente. |
| ❖ Canal de Acople: | Aire, conductores |
| ❖ Naturaleza del Fenómeno: | Determinístico |

La forma de controlar la electricidad estática es:

- ❖ Equipotencializar dos o más objetos conductores
- ❖ Conectar a tierra
- ❖ Mantener humedad relativa alta (60-70%)
- ❖ Ionizar el aire entre la superficie acumuladora (aislante) y un terminal a tierra fijo.

- **Exigencias de una malla a tierra para hospitales.** A continuación se enuncian las más importantes exigencias que se deben tener en cuenta en las puestas a tierras hospitalarias:

- ❖ **Redundantes.** El principal criterio sobre tierras para hospitales que las hace diferentes a otras instalaciones es el de construirlas redundantes.

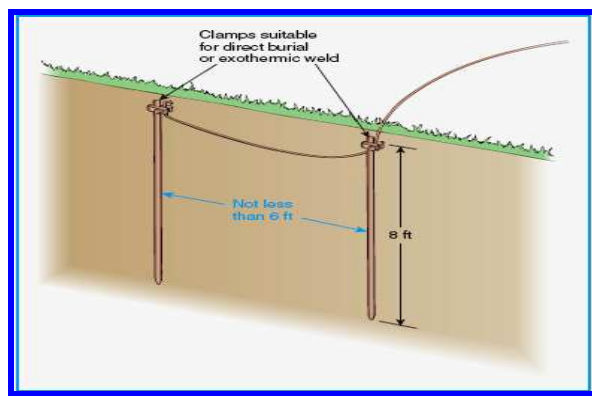
- ❖ **El neutro.** Debe conectarse en uno y solo un punto, en el transformador y antes de cualquier medio de desconexión o dispositivo de protección. Este punto debe ser un barraje equipotencial (BE) de cobre de 3"x 1/4"x 60 cm.

A su vez la carcasa del transformador o de un equipo, el neutro y el cable principal de tierra deben estar aterrizados siempre, sin seccionamientos ni posibilidad de daño.

9.3.6. Elementos que componen una malla a tierra. Los electrodos de puesta a tierra. Los electrodos tipo varilla, que son los más utilizados se pueden enterrar en diversos tamaños, con un máximo de 10 m,. Deben estar tan cerca como la practica lo permita de la conexión al neutro del sistema. Preferentemente deben emplearse varillas de cobre sólido de 5/8" x 2.4 m como mínimo, homologadas por el sector eléctrico colombiano y enterradas verticalmente.

El conductor que une los electrodos con el BE debe ser aislado y **color verde o verde- amarillo**.

Figura 64. Espacio entre electrodos de puesta a tierra



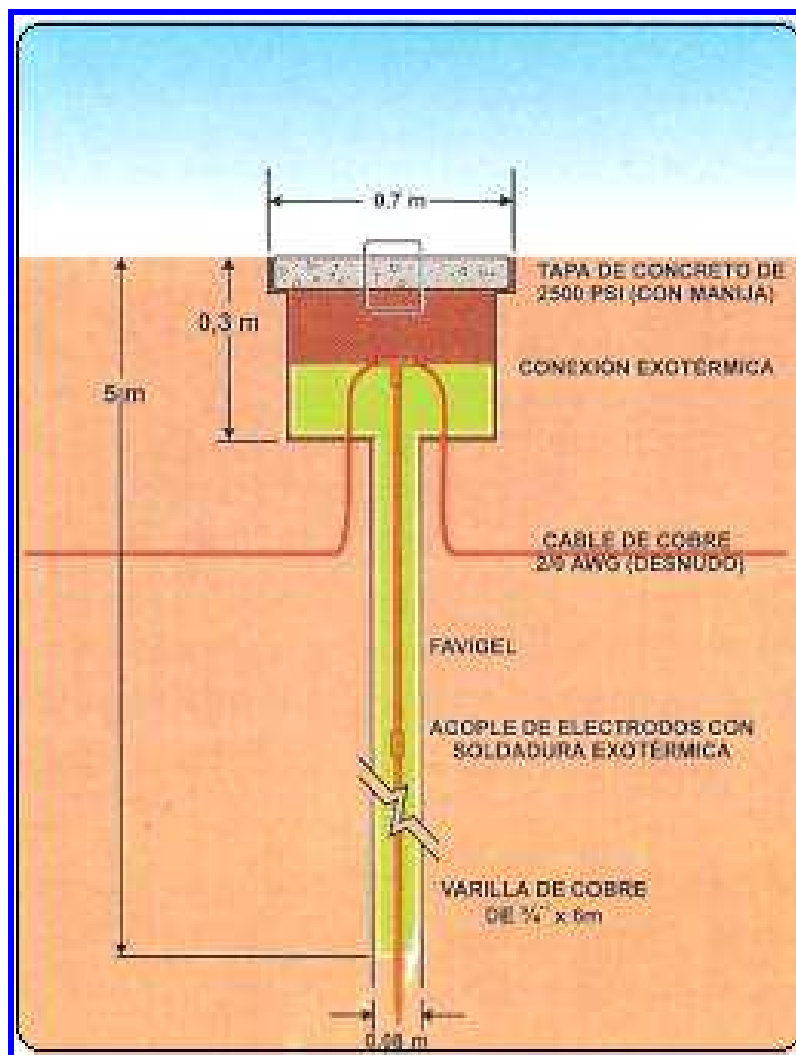
Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 211.

Se pueden diseñar puestas a tierra con varillas, mallas, tubos, placas o cintas metálicas. Para el caso de las varillas, también llamadas barras, picas, jabalinas, o estacas, que son las más utilizadas, es donde se presentan la mayor violación a normas de calidad. Los electrodos tipo varilla avalados por las normas son:

- ***Cobre solidó:** Son las de mayor vida útil, puesto que pueden pasar de los 30 años. Su única debilidad radica en que al tratar de introducirlas a golpes, se pueden deformar; no obstante, esto se suple con una herramienta adecuada.
- **Copperweld:** Es una marca registrada del proceso “Solid Cladding” que consiste en una fundición libre de oxígeno, para adhesión del cobre al acero mediante temperatura y presión. Hoy en día este proceso se emplea solamente en fabricación de alambres y cables.
- **Electrodepositadas (Copper Bonded Ground Rods o Copper Clad):** Son varillas de acero con un recubrimiento de cobre por medio de un proceso de electrodeposición. Para este recubrimiento la IEC 60364-5-54 exige mínimo 100µm y la UEL467 exige 250µm. También se fabrican otras de tres metales acero recubierto de zinc y luego de cobre.
- **Acero galvanizado:** Se admiten para terrenos no corrosivos, con recubrimiento de 70 µm.
- **Acero Inoxidable:** Están avalados por las normas pero su costo lo hacen poco comerciales.

* En la actualidad esta es la más indicada o ideal para todo electrodo de SPT.

Figura 65. Disposición de Electrodo de SPT



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 122.

Para efectos del reglamento serán de obligatorio cumplimiento que los electrodos de puesta a tierra, cumplan los siguientes requisitos, adoptados de las normas IEC 60364-5-54, BS 7430, AS 1768, UL 467, UNESA 6501F y NTC2050.

Tabla 4. Requisitos para electrodos de puesta a tierra

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre	1,8 para cada hilo	25		
	Cobre estañado	1,8 para cada hilo	25		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 90.

Cajas de inspección. Se deja como mínimo una por cada puesta a tierra. Se construyen en tubos de gres de 10" x 50 cm, con entrada lateral o cajas cuadradas en concreto de 30cm x 30cm o circulares de 30cm de diámetro. La tapa debe construirse en concreto o lamina corrugada, con manija para levantarla; como se menciona el artículo 15 del RETIE numeral 2 de Requisitos Generales.

Partes metálicas. Las tuberías metálicas subterráneas, la estructura metálica del edificio, los apantallamientos, en el caso que los hubiera, debe unirse entre sí y conectarse al sistema de puesta a tierra (SPT) en el barraje equipotencial (BE).

- La estructura metálica de edificios debe conectarse a tierra, que no es lo mismo a utilizarla como puesta a tierra.
- La tubería metálica se debe conectar a la parte del sistema de puesta a tierra más cercano con cable No.2 como mínimo.

Figura 66. Conexión a SPT de tubería conduit metálica



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts. 2005. p. 219.

- Los ductos, las bandejas para cableado y las cajas para salidas tienen que unirse rígidamente a la fuente del sistema, si este es alimentado en forma separada.
- Además Los ductos metálicos, los gabinetes, las estructuras y demás partes metálicas del equipo eléctrico, no portadoras de corriente, deben mantenerse a una distancia mayor de 1.8 m de los bajantes de pararrayos o de la distancia calculada como segura. Si no es así deberían unirse rígidamente entre sí.

Cables. Los cables tipo MC y MI deben tener una pantalla o armadura metálica exterior válida como trayectoria de tierra. Con esto se busca que los circuitos parciales que alimentan las áreas de cuidado de pacientes dispongan de una trayectoria a tierra redundante a través de un ducto o cable metálico. Esta trayectoria es adicional a la que se tiene mediante el conductor de puesta a tierra aislado.

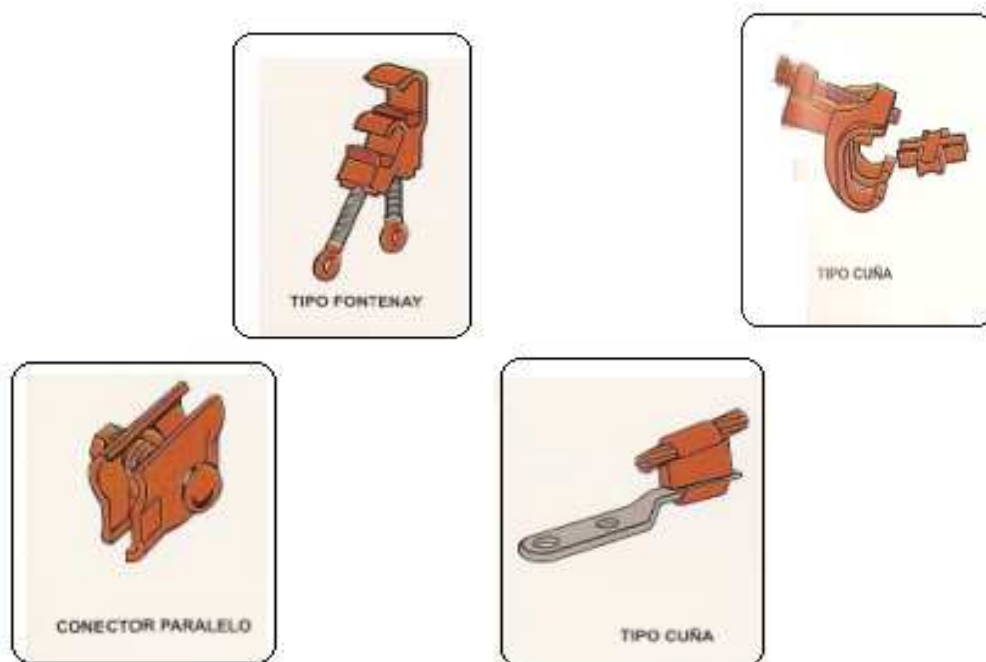
Bajantes. Se instalan dos bajantes como mínimo, en cable desnudo calibre No.2 AWG de cobre y por la parte externa de la torre o edificio. Se busca el manejo de los dos parámetros críticos, como son la corriente máxima y la pendiente máxima. Las magnitudes de la corriente de rayo encontradas en Colombia son del orden de 45KA y $e\ di/dt$ pasa de 30KA/ μs . En el caso de edificios, se instalan como mínimo dos bajantes hasta 25m, la fijación mecánica de fachas se hace en tubería metálica galvanizada. Para la fijación a torres, se establece dos métodos: Cuando la torre sea en ángulo, con conectores

mecánicos de tornillos y para montantes tubulares con cinta metálica. En ambos casos se fijara cada tres metros.

Conexiones para SPT (Mecánicas – Soldadas). Las conexiones son unos de los componentes más repetitivos en SPT y normalmente no reciben mantenimiento ni son inspeccionados, por tanto deben construirse de tal manera que estén exento de daños. Estas pueden ser mecánicas o exotérmicas.

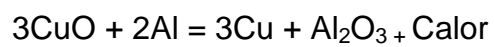
- **Conexiones mecánicas:** Algunos de los conectores que actualmente están certificados se presentan en la figura 60. Sí embargo es importante anotar que en el mercado se consiguen muchos que no están certificados y que practicas como el empalme manual no son adecuadas técnicamente.

Figura 67. Conexiones Mecánicas



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 117.

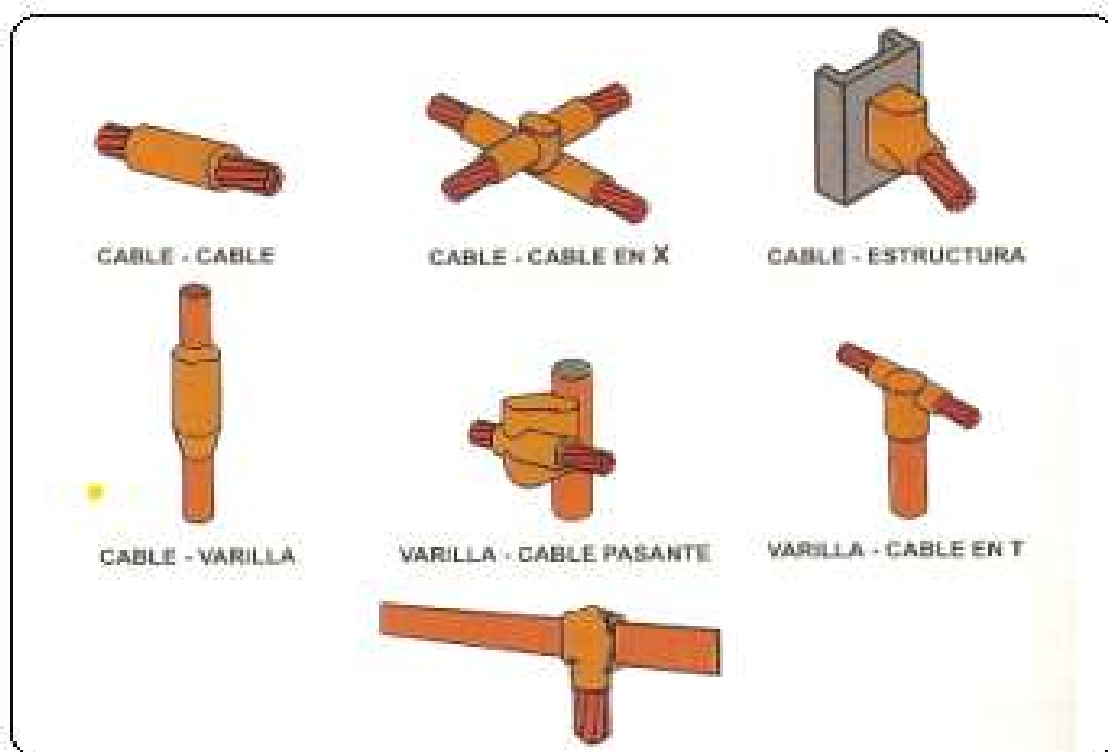
- **Conexiones Exotérmicas:** Es quizás el sistema mas fiable pues evita discontinuidades por ser una unión a nivel molecular. Consiste en una reacción química en la que se reduce oxido de cobre mediante aluminio en polvo, así:



Al combinarse el aluminio con el oxígeno se forma alúmina y se precipita cobre metálico en forma líquida debido al calor de la reacción. Se le llama exotérmica por el desprendimiento de calor.

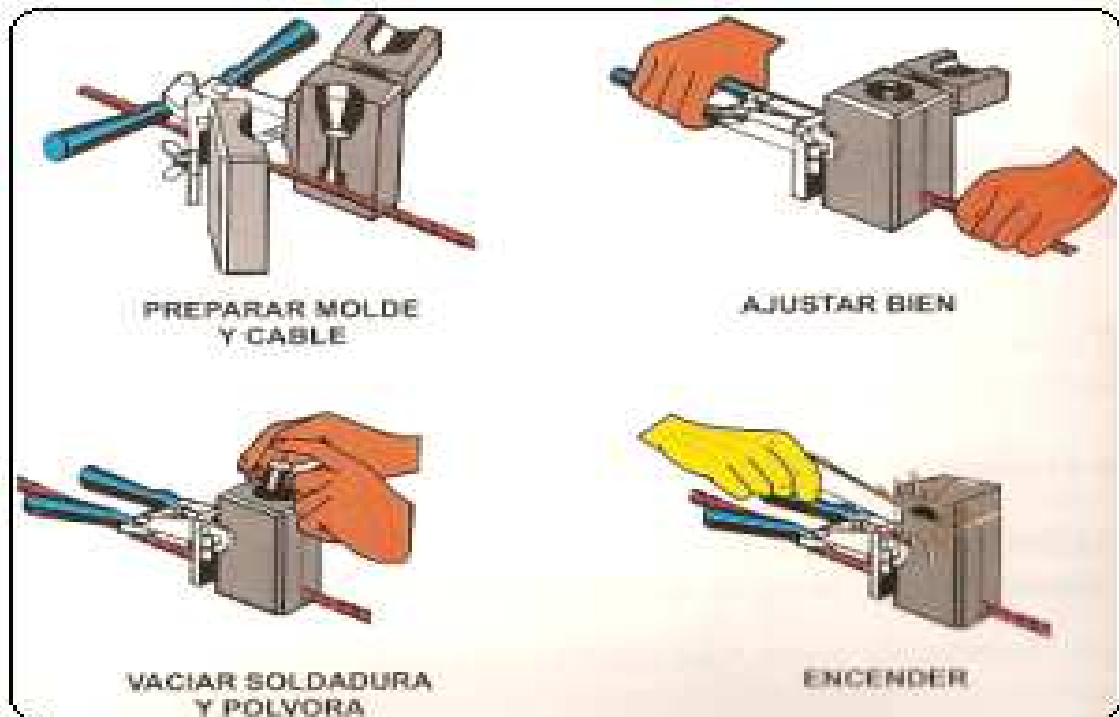
En las siguientes figuras se muestran las conexiones más comunes con soldadura exotérmica y su instructivo para su aplicación.

Figura 68. Conexiones Exotérmicas



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 118.

Figura 69. Proceso de aplicación de soldadura exotérmica



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 118.

- **Diferentes tipos de mallas de tierra.** A continuación encontramos algunos de los sistemas de mallas a tierras utilizados en cualquier edificación.

SPT pararrayo. Sirve para canalizar la ENERGIA de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades.

Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada al planeta tierra que cubre los equipos o edificios a proteger. La resistencia de puesta a tierra de “Protección contra rayos” es de 10Ω según el RETIE Tabla 24.

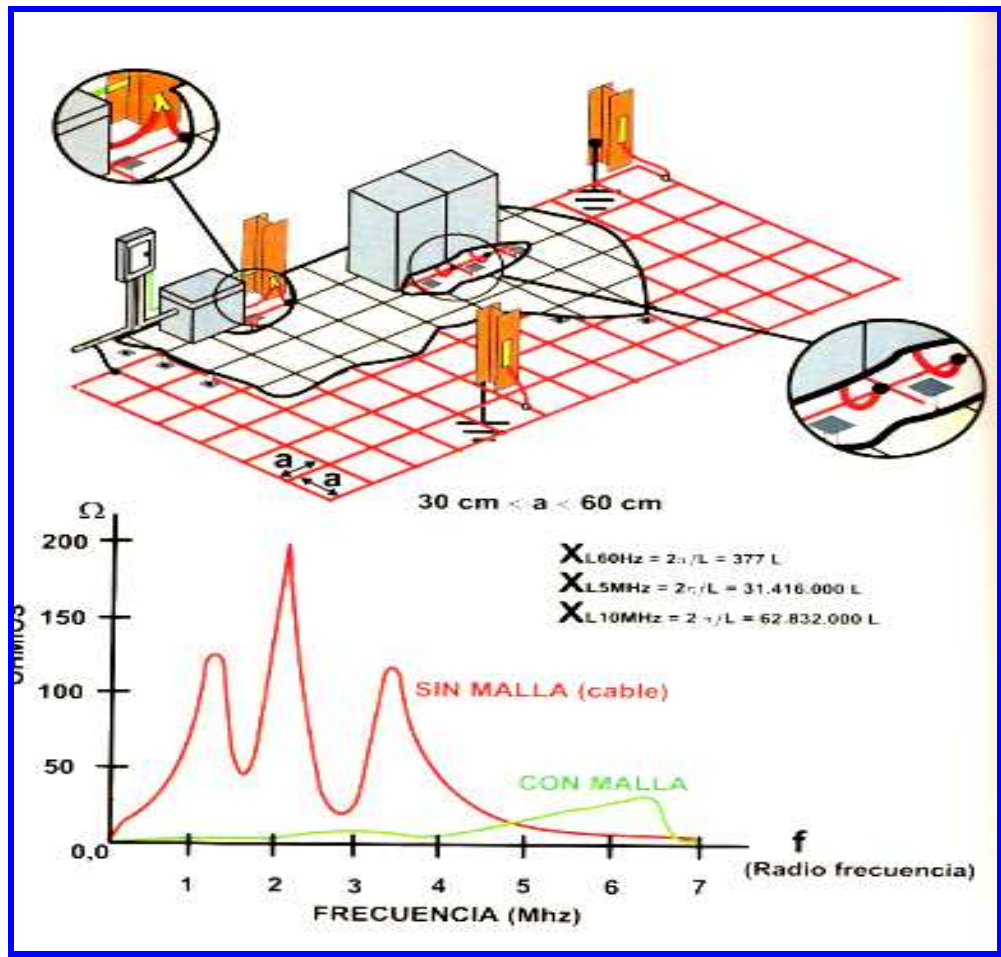
SPT Sistema de potencia. El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos. Se logra uniendo mediante un conductor apropiado a la CORRIENTE de

falla a tierra total del sistema. La resistencia de puesta a tierra “Neutro de acometida en baja tensión” es de 25Ω según el RETIE Tabla 24.

- **Sistema de SPT para equipos especiales.** A continuación encontramos algunos de los sistemas de puesta a tierra utilizados para equipos especiales.

Malla de alta frecuencia para cuarto de servidores. Se construye en centros de cómputo bajo el piso en una de estas tres formas: Con cinta de cobre, con cables o con la estructura del piso falso. El tamaño de la retícula no debe ser inferior a 30cm ni superior a 60cm.

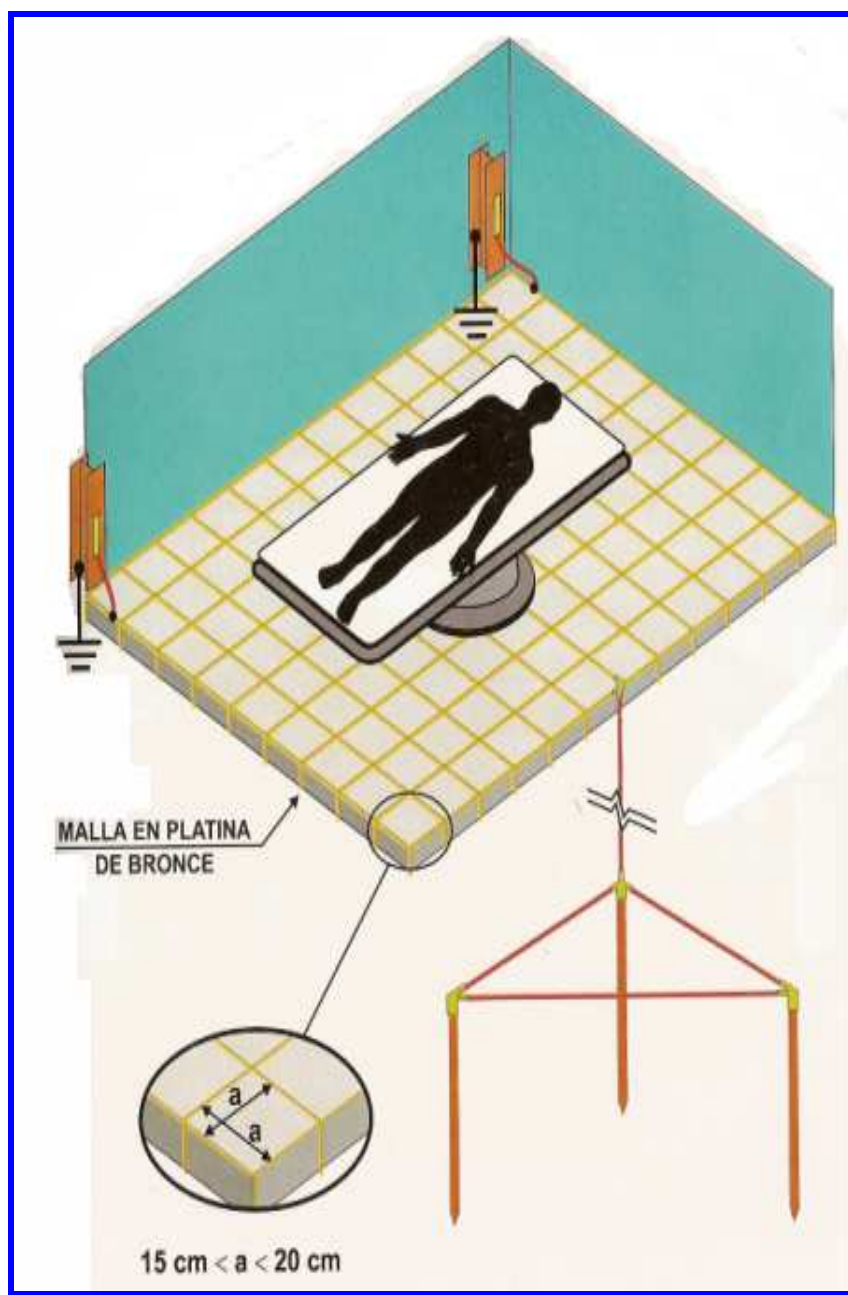
Figura 70. Malla de alta frecuencia



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 164.

SPT para Quirófanos. Una de las formas de construcción puede ser una malla en el piso en láminas de bronce con retículas de 15 a 20 cm. Y otra forma son los pisos conductivos.

Figura 71. SPT Sala de Quirófanos.



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 169.

Pisos Conductivos. Es un arreglo de material conductivo de un lugar que sirve como medio de conexión eléctrica entre personas y objetos para prevenir la acumulación de cargas electrostáticas.

Foto 19 y 20. Adhesivo y Piso Conductivos para área de quirófanos



Foto 21 y 22. Cinta de Cobre conexión SPT sala de quirófanos



Foto 23. Piso conductivo terminado en sala de quirófanos



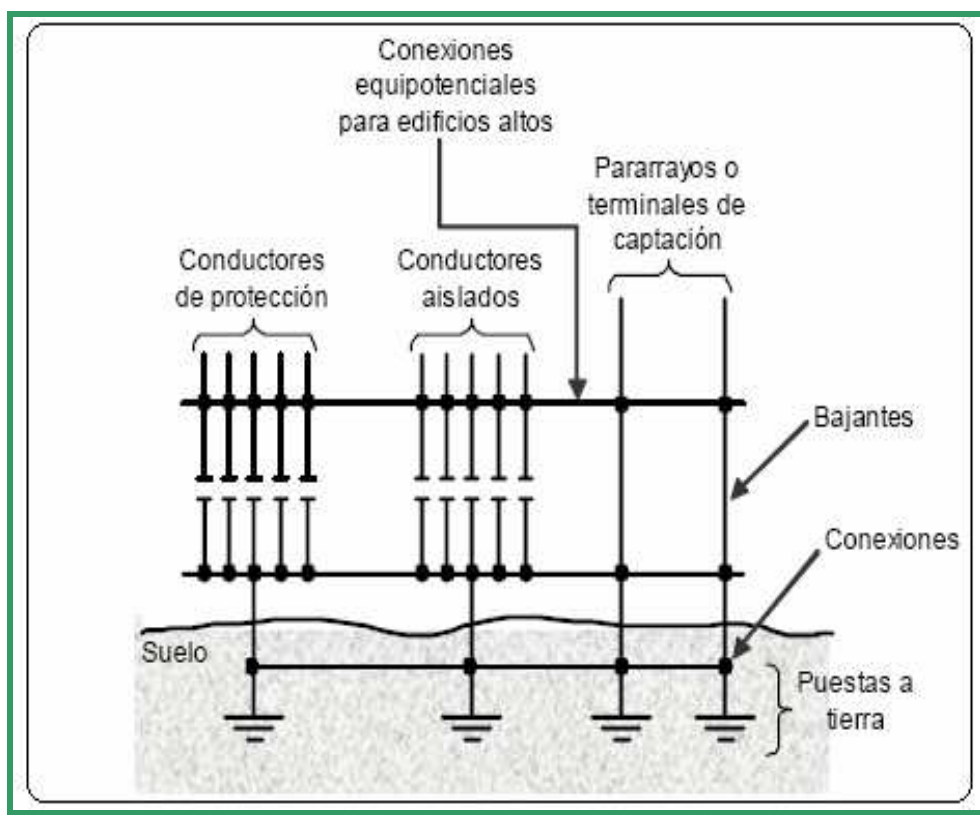
Foto 24 Cinta de Cobre conexión SPT en sala de observación



- **Sistemas Equipotenciales. Interconexión de puestas a tierra.** Es requisito indispensable la interconexión de todos los componentes de los sistemas de puesta a tierra.

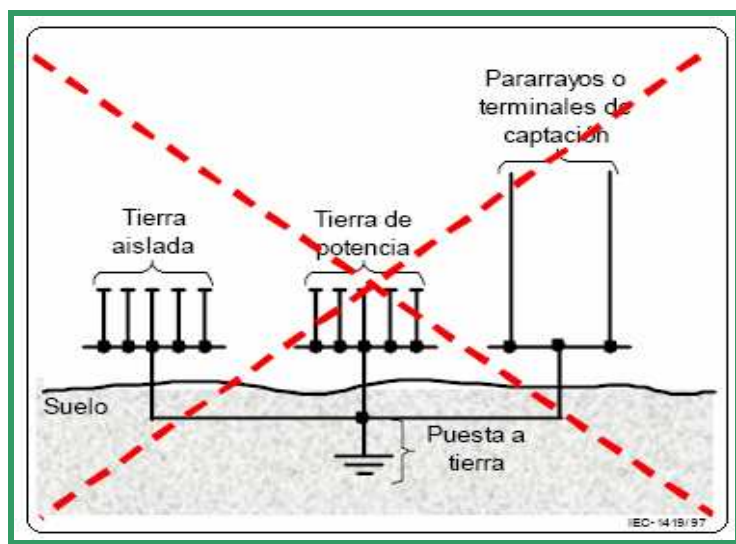
Es un tema que ya no esta en discusión por la ingeniería, así lo demuestra las figuras 71, 72 y 73 tomas de la IEC61000-5-2. Cuando es una edificación o inmueble y existan varias puesta a tierra, todas deben estar interconectadas por conductores. Este tipo de configuración es optima por que reduce las diferencias de potencial entre partes de la misma instalación, baja la resistencia global, es de mínimo costo, es el mas simple, es mas fácil prever su comportamiento eléctrico, requiere mínimo análisis de acoplamiento y aislamientos, distribuye mejor las corrientes de falla y sobre todo es más segura y confiable.

Figura 72. Interconexión de puesta a tierra dedicadas e interconectadas.



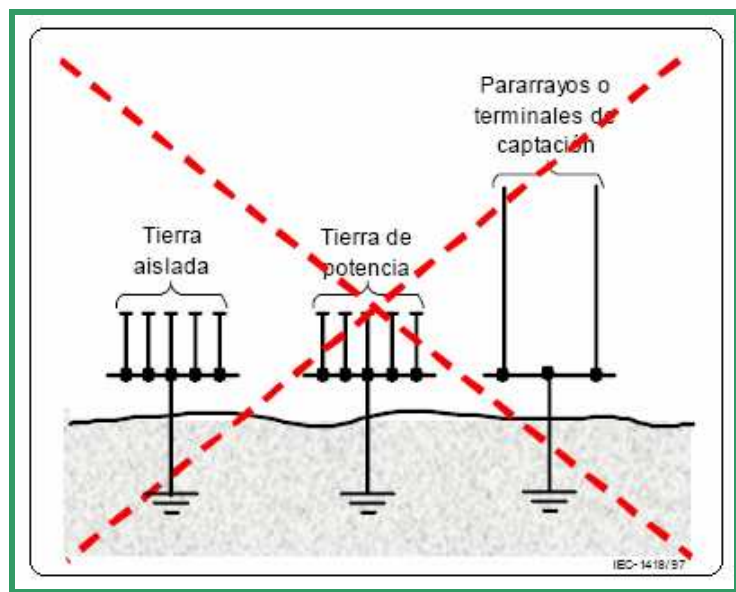
Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 89.

Figura 73. Conexión prohibida una sola puesta a tierra para todas las necesidades



Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 89.

Figura 74. Conexión prohibida Puesta a tierra separadas o independiente



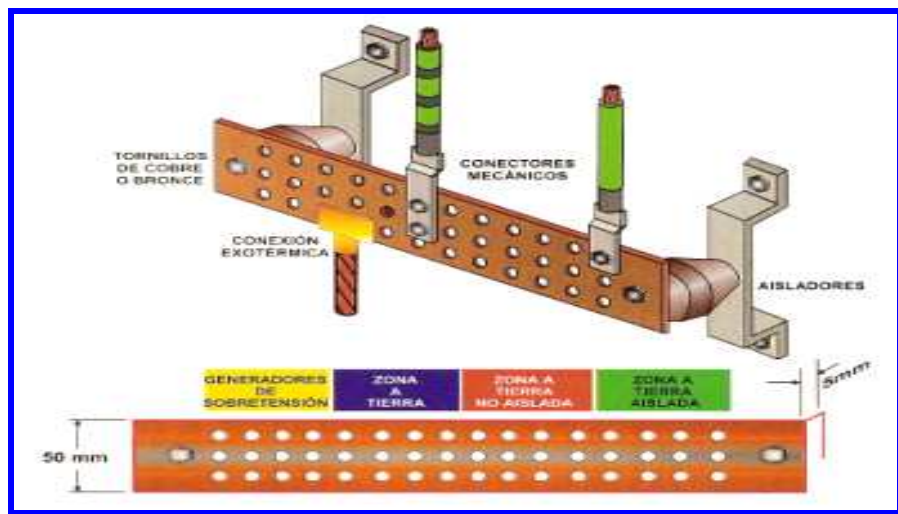
Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 90.

Barraje Equipotencial (BE). Es un platina de Cu pretaladrada, con dimensiones y separación de pernos y huecos. Debe ser dimensionado con los requisitos inmediatos de aplicación y teniendo en consideración futuros crecimientos. Se emplea en la subestación, en cada cuarto y en cada piso para edificios. Se dejan a un metro del piso como máximo, en platina de cobre y montados sobre aisladores. Se utilizan dos tamaños: 60 cm x 3" x 1/4" y 30 cm x 2" x 1/4". Estos valores son los mínimos.

Tipos de Conexiones en el Barraje Equipotencial (BE). Se admiten varias formas, según su ubicación y uso:

- Tornillo de cobre o de bronce para el barraje equipotencial
- Conectores con tornillo Bristol para el halo
- Soldadura exotérmica para nivel de piso y torre
- Borna terminal del tipo pala para terminales de cables
- Soldadura de plata para electrodos tipo malla
- Conectores tipo cuña como alternativas de soldaduras
- Conectores de tornillo partido para derivaciones

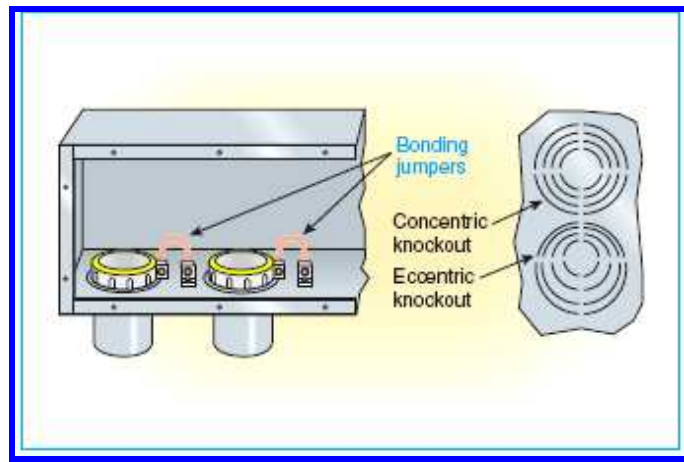
Figura 75. Barraje Equipotencial



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 124.

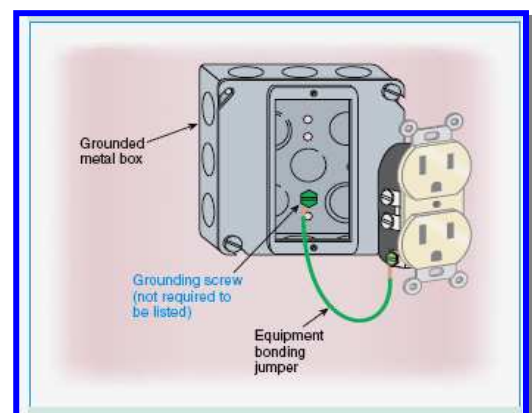
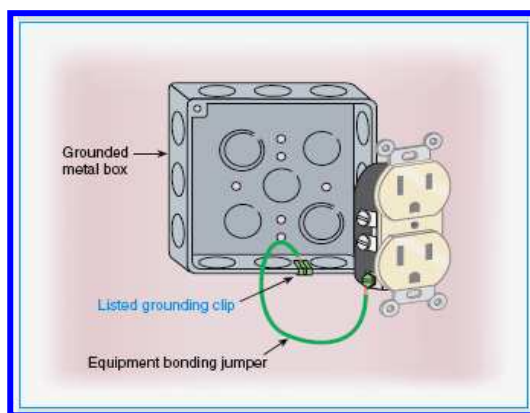
Puentes de Conexión Equipotencial. Según las normas vigentes, se deben hacer las conexiones equipotenciales pertinentes para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de transporte de cualquier corriente de falla que se pueda producir (véase figura 75). El puente de conexión equipotencial principal no debe ser de menor calibre que el establecido en la tabla 250-66. Para los conductores de electrodo de puesta a tierra; a demás deben de tener en cuenta los siguientes lineamientos:

Figura 76. Puente equipotencial



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 15.

Figuras 77 y 78. Conexión a tierra de caja galvanizada para tomacorriente.



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p.189.

- **Material:** Los puentes de conexión equipotencial principal y de equipos deben ser de cobre u otro material resistente a la corrosión y puede ser un alambre, una barra conductores, un tornillo o un conductor similar.
- **Construcción:** Cuando la conexión equipotencial principal se un solo tornillo, se debe identificar mediante un color verde que se bien visible una ves quede instalado. Para los puentes de fleje debe guardarse una relación mayor de 5:1 entre el largo y el ancho.
- **Conexiones roscadas:** Cuando halla tubo metálico rígido o tubo metálico intermedio, las uniones mediante conexiones roscadas o tubos roscados en los armarios y envolventes se deben apretar con llave.
- **Cable de acometida con blindaje o cinta metálica:** Un cable de acometida que tenga pantalla metálica puesta a tierra y un neutro aislado en contacto eléctrico continuo con su pantalla, se debe considera que esta puesto a tierra.
- **Conexión del terminal de puesta a tierra de un toma corriente a una caja:** Para conectar el terminal de puesta a tierra de un tomacorriente del tipo con polo a tierra, con una caja puesta a tierra se debe usar un puente de conexión equipotencial de equipos.
- **Conexiones equipotenciales en lugares clasificados como peligrosos:** Independiente de la atención de una instalación eléctrica, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las partes eléctricas no portadoras de corrientes de los equipos, canalizaciones y otras envolventes de lugares clasificados como peligrosos.
- **Conexión equipotencial de sistemas de tuberías y acero estructural expuesto:** El sistema interior de tuberías metálicas para agua se debe conectar equipotencialmente a la pantalla de la acometida o al conductor del electrodo de puesta a tierra, o uno de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. Los puntos de conexión del puente deben ser asequibles.
- **Conexión equipotencial de otras envolventes:** Las conexiones metálicas, bandejas de cable, blindajes de cable, armaduras de cables, envolventes, marcos, accesorios y otras partes metálicas no portadores de corriente y que puedan servir como conductores de puesta a tierra con o sin conductores suplementarios de equipos se deben conectar equipotencial y eficazmente. Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto, todas las pinturas, barnices o recubrimientos similares no conductores o bien conectarlos por medio de accesorios diseñados de una manera tal que hagan innecesaria dicha eliminación.

Identificación cable SPT. Se ha implementado la conexión por medio de cable aislado **color verde** (RETIE) a un solo punto de la malla para equipos sensibles, con el fin de evitar diferencias de potencial peligrosas dentro el cuarto de equipos y en todos los casos para evitar lazos de tierra.

Calibre Mínimo de SPT. Siempre se debe conectar a la parte del sistema de puesta a tierra más cercano con cable No.2 AWG como mínimo.

Estudio de Resistividad del Terreno. En todas las instalaciones donde se vaya a construir un sistema de puesta a tierra, se realizará previamente un estudio de la resistividad del terreno por el método Wenner. Se adopta la siguiente clasificación de terrenos para efectos de mejoramiento.

- Suelo clase A: Suelos blandos ácidos, con resistividad menor de 200 $\Omega.m$
- Suelo clase B1: Suelos arenosos secos, con resistividad entre 500 y 1000 $\Omega.m$
- Suelo clase B2: Suelos arenosos secos, con resistividad entre 1000 y 2000 $\Omega.m$
- Suelo clase C1: Suelos rocosos , con resistividad menor de 1000 $\Omega.m$
- Suelo clase C2: Suelos rocosos , con resistividad mayor de 1000 $\Omega.m$

Tratamiento del Terreno. Se hace tratamiento del terreno si la resistividad supera los 100 $\Omega.m$ según su estudio de resistiva. Se puede mejorar el terreno aplicando algunos de los productos que encontramos en el mercado como son Favigel o Bentonita.

Valores de Resistencia Máximos y Mínimos de SPT. Un buen diseño de puesta a tierra debe reflejarse en el control de las tensiones de paso y de contacto y transferidas. La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones

transferidas. Se pueden tomar los siguientes valores máximos de resistencia de puesta a tierra según el NTC 2050, NTC4552, IEC 60364-4-442.

Tabla 5. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión.	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 93.

Medición de Resistencia de SPT. Como parte del control de calidad del sistema de puesta a tierra se harán mediciones de resistencia de puesta a tierra de cada sitio, con telurómetro de más de 1000Hz y presión del 1% empleado alguno de los métodos aceptados por la ingeniería. Para los casos de mejoramiento del terreno se harán antes y después del proceso.

La tecnología actual establece claramente que no existe artificio o medición indirecta alguna que sustituya la medición directa de la resistencia de puesta a tierra con una técnica adecuada. Estas mediciones son muy importantes para verificar la efectividad de una puesta a tierra recientemente construida o para detectar cambios como parte de una rutina de mantenimiento.

Métodos de Medición de Resistencia de SPT. A continuación se relacionan algunos de los métodos de medición de SPT; de los cuales solo ampliaremos los más utilizados.

- De curva de caída de potencial
- De la regla del 62%
- De la pendiente

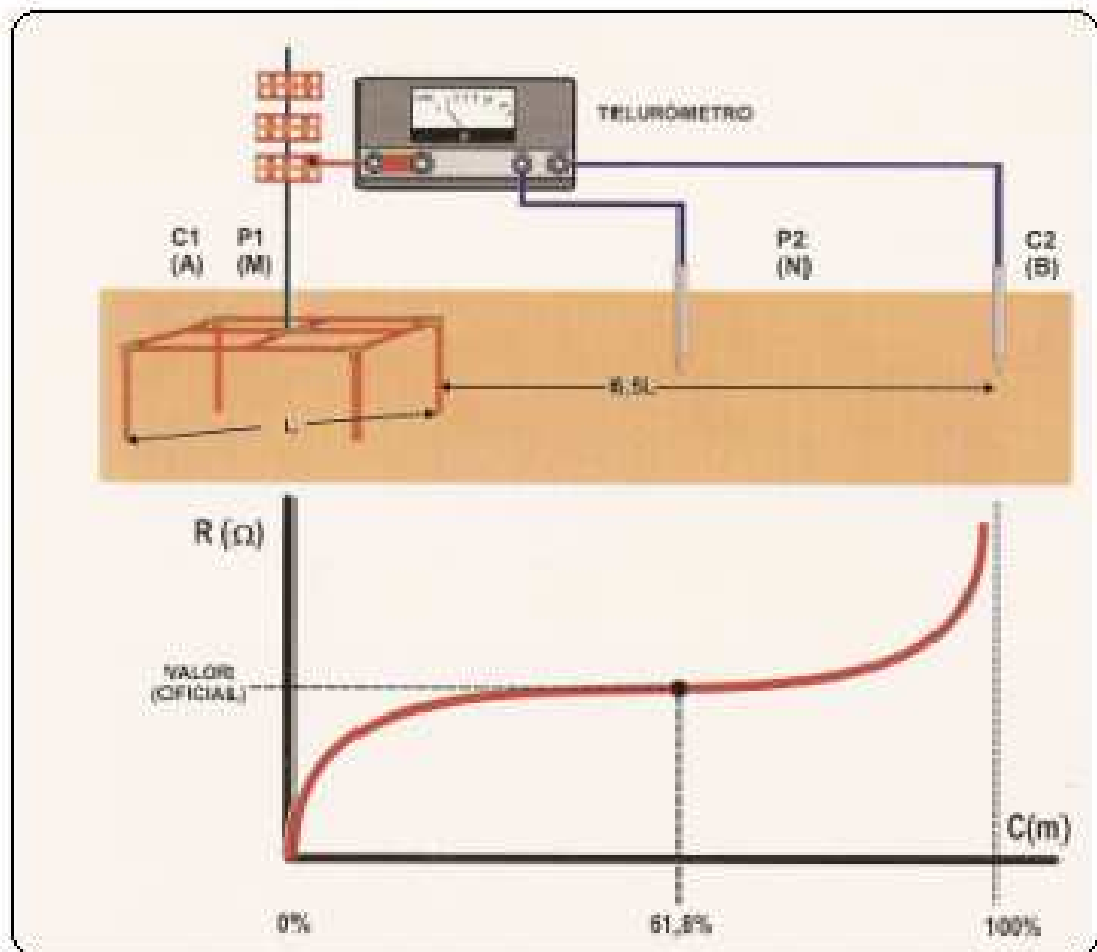
- De los cuatro potenciales o de Tagg
- De intersección de curvas
- De triangulación o de Nippol
- Estrella triángulo
- Por corriente inyectada
- Por tensión inducida
- Con referencia Natural
- Selectivo

➤ **Método de Curva de Caída de Potencial.** Se basa en obtener una curva como la muestra la siguiente Figura 67. Si se hace una investigación de campo, o sea, se clava el electrodo de corriente a una cierta distancia, de manera que se este fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra incógnita y luego se mide el valor de resistencia de puesta a tierra, variando la distancia del electrodo de tensión, se puede observar que existe una zona de potencial plano, equivalente a un valor constante de resistencia. Ese es, por lo tanto, el verdadero valor de resistencia de una puesta a tierra.

Para que el método sea más simple se puede reducir el número de medidas a tres. Si se hace un promedio de ellas y el valor de cada medida se encuentra dentro del error aceptable para la medición (por ejemplo 5%), comparándola con el promedio, entonces, el valor “oficial” promedio hallado es el verdadero valor de la resistencia de puesta a tierra. Si se determina la mayor dimensión de la puesta a tierra, se puede decir que una distancia “lo suficientemente lejos” es cuando está entre 5 y 10 veces dicha dimensión.

Cuando se deduce la dimensión de la puesta a tierra, se da un valor a esta profundidad (o extensión si fuera horizontal) se multiplica por 5 y allí se clava el electrodo de corriente. Luego se realizan las tres mediciones, se verifica que el error este por debajo de lo previsto y se determina que ese es el valor. Pero si los resultados no estuvieran dentro del error previsto se debe distanciar el electrodo de corriente mucho más, pues significa que no se está en la zona plana de potencial. Si las distancias no permiten extenderse más, es hora de aplicar otro método.

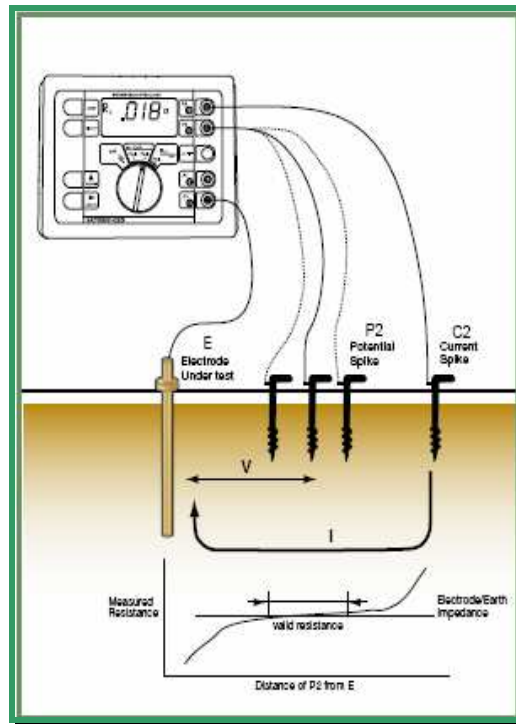
Figura 79. Método de la curva de caída de potencia



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 137.

El método de caída de potencial es el método “tradicional” de medida de la resistencia de la toma de tierra, y es el que utilizan los equipos conocidos como “telurómetros”. Se debe recordar que para medir la resistencia de la toma de tierra empleando este método, es necesario desconectar previamente el electrodo de puesta a tierra de la instalación, maniobra que se ejecuta en el borne principal de tierra que, generalmente, está ubicado en el cuarto de contadores de la instalación

Figura 80. Esquema de conexión del telurómetro para el método de la caída de potencial. Catalogo Fluke



Fuente: FLUKE, Ibérica S.L. Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales. España: Junio. 2006. p. 3.

➤ **Método de la regla del 62%.** Desarrollado por G.F.Tagg y publicado en el “Proceeding of the IEEE volumen III No.12 de diciembre del 1964. El autor menciona que las zonas de influencia de puesta a tierra pueden ser tan grandes que para evitar la superposición de estas áreas, quien va a medir debe tomar distancias considerables entre el electrodo de corriente y la puesta a tierra a evaluar. Es fundamental para el método, que las áreas de influencia no se superpongan entre si. Se basa en tomar la puesta a tierra como semiesfera, con la que se obtiene el valor de $(\sqrt{5}-1) / 2 = 0.618033$.

Este método requiere las mismas distancias que el anterior. La distancia entre el electrodo de corriente y la puesta a tierra a evaluar debe ser entre 3 y 5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra o el diámetro equivalente. La diferencia esta en que el punto donde se debe tomar el valor verdadero de la resistencia de puesta a tierra, es con el electrodo de tensión a 0.618 de C. El desarrollo de este valor no viene al caso pero es demostrado considerando electrodos puntuales.

El método, como se aplica actualmente, recomienda hacer tres mediciones, siendo la primera con el electrodo de tensión al 62% de la distancia del de corriente y las otras dos a $\pm 10\%$ de ese punto. El valor verdadero de las resistencias es el obtenido en el punto del 62% y no el obtenido como promedio.

Foto 25. Equipo de Medición de SPT, Utilizado para el NC & Cali



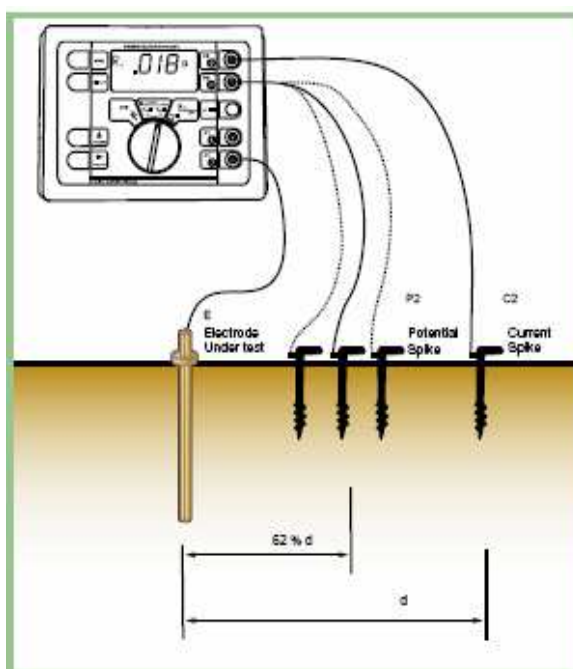
Tabla 6. Tabla de Posición de picas para el método del 62%.

Tabla 1: Posición aproximada de las picas auxiliares según la regla del 62% (en metros)		
Profundidad del electrodo que se está comprobando (E)	Distancia desde E a la pica de referencia de tensión (P2)	Distancia desde E a la pica de inyección de corriente (C2)
6	50	82
8	62	100
20	81	131
30	100	161

Tabla 2: Posición aproximada de las picas auxiliares para grupos de electrodos (en metros)		
Dimensión mayor (diagonal, diámetro o línea recta) del grupo de electrodos que se está comprobando (E)	Distancia desde E a la pica de referencia de tensión (P2)	Distancia desde E a la pica de inyección de corriente (C2)
65	100	165
80	165	265
100	230	330
165	330	560
230	430	655

Fuente: FLUKE, Ibérica S.L. Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales. España: Junio. 2006. p. 4.

Figura 81. Posiciones de las picas para el método de la regla del 62%.



Fuente: FLUKE, Ibérica S.L. Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales. España: Junio. 2006. p. 5.

Medición de Tensiones de paso y contacto. Después de construida la puesta a tierra, se deben hacer las comprobaciones y verificaciones precisas en el sitio y se efectúan los cambios necesarios que permitan alcanzar valores de tensión aplicada inferiores o iguales a los máximos admitidos.

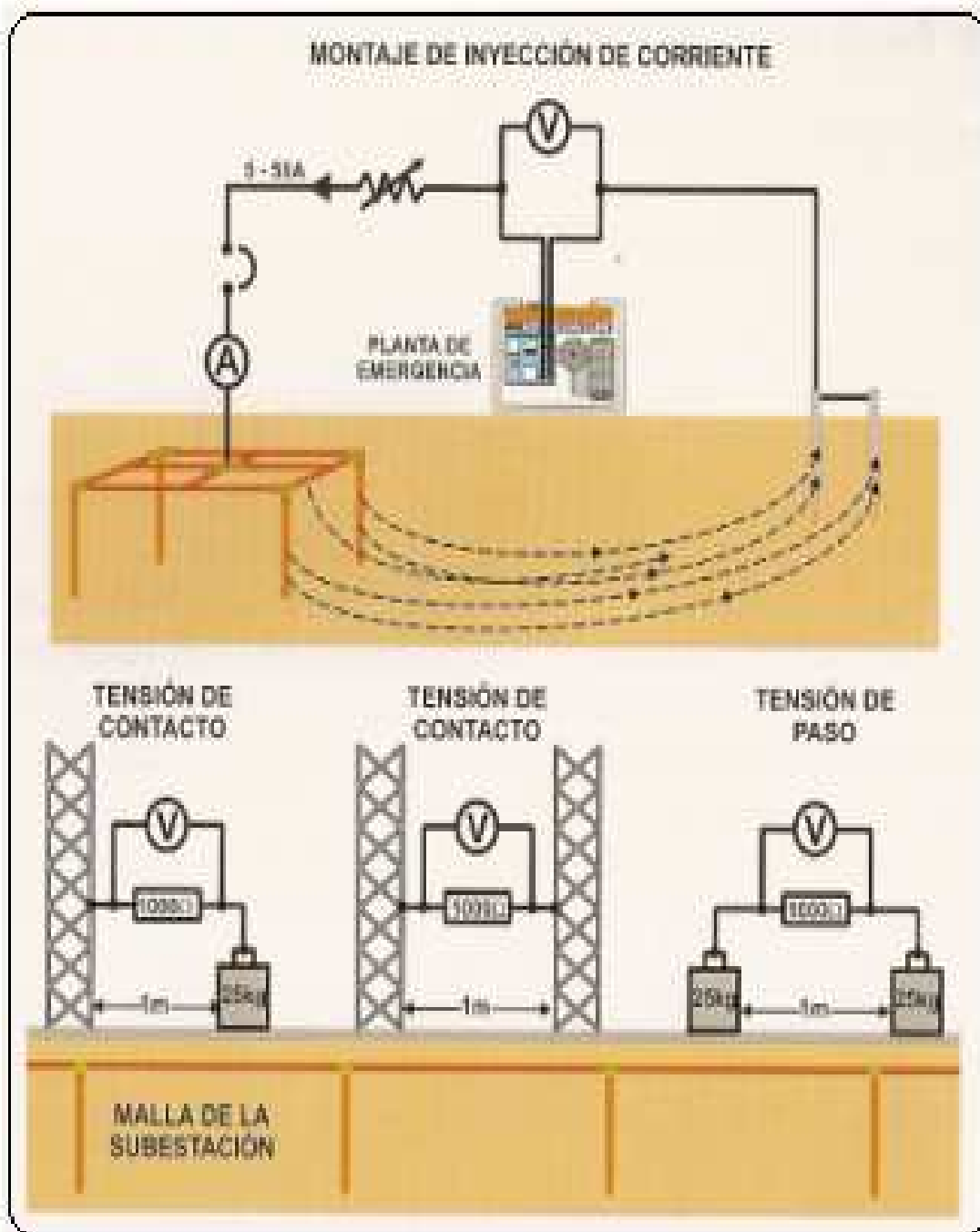
- **Metodología para la medición de las tensiones de paso y de contacto.** Los sitios de medición deben tomarse al azar como la parte interna y en tantos puntos como lo permita la instalación. Se da prioridad a los sitios cercanos a las mallas de cerramiento, pues en estos sitios perimetrales existe mayor probabilidad de tensiones altas, en especial los soportes metálicos de equipos, vallas metálicas de cerramiento, puertas metálicas de acceso, rejillas de ventilación accesibles a personas, carriles para desplazamiento de transformadores y, en general, cualquier otro tipo de elemento que, en un momento dado, pueda estar en contacto con las personas, referenciado todos los lugares con una clara identificación.

Los electrodos de medida para la simulación e los pies deben tener una superficie de 200cm^2 cada uno con un disco metálico de 16cm de diámetro y un peso de 20kg. El cuerpo humano se reemplaza por una resistencia de 1000Ω .

Se emplean fuentes de alimentación adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas no queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias. Se procura que la intensidad inyectada sea del orden del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación.

Para instalaciones nuevas, se recomienda efectuar las mediciones cuando ya esté montado todo el SPT y antes de proceder a la etapa de acabados asfálticos, de gravilla o de cualquier otro tipo de pavimentación, con el fin de poder adoptar las medidas correctivas necesarias sin gran dificultad.

Figura 82. Montajes para medición de Tensiones de paso y de contacto.



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 146.

10. NORMATIIVIDAD PARA INSTALACIONES EN UNIDADES MÉDICAS

10.1. CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una vez transcurrido el periodo de transitoriedad dispuesto en el Artículo 45° “DISPOSICIONES TRANSITORIAS”, toda instalación eléctrica nueva, ampliación o remodelación según lo dispuesto en Artículo 2° “CAMPO DE APLICACIÓN”, debe tener su “CERTIFICADO DE CONFORMIDAD” con el presente Reglamento RETIE, el cual según lo dispuesto en la Decisión 506 de 2001 de la Comunidad Andina de Naciones, será la declaración del fabricante (fabricante= persona calificada responsable de la construcción de la instalación eléctrica), avalada por un dictamen de inspección expedido por un organismo de inspección acreditado ante la SIC.

Para efectos de la declaración de la persona calificada, ésta deberá diligenciar el formato “DECLARACIÓN DEL CONSTRUCTOR”.

10.2. PROTOCOLOS DE PRUEBA

Los siguientes protocolos deben de usados para registrar los resultados de los ensayos al sistema eléctrico. Estos protocolos podrían ser modificados por la interventoria si así lo estima conveniente.

- Motores eléctricos de B.T
- Centro de control de motores
- Cables eléctricos – Baja tensión
- Sistemas de tierra
- Recepción de equipos instalaciones y sistema
- Circuito de alumbrado.

10.3. DECLARACIÓN DEL CONSTRUCTOR- RETIE

	PRESTACIÓN DEL SERVICIO		CODIGO:	OF-81
	FORMATO DECLARACION DEL CONSTRUCTOR	OPERATIVO	REVISION:	0
			PAGINA:	Página 1 de 1

DECLARACION DEL CONSTRUCTOR

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS - RETIE

Yo, _____ mayor de edad y domiciliado en la ciudad _____, identificado con la cédula de ciudadanía N° _____ expedida en _____, en mi condición de **INGENIERO**, portador de la matrícula profesional N° _____, expedida por ACIEM, declaro bajo la gravedad del juramento que la instalación eléctrica cuya instalación estuvo a mi cargo, referente a las adecuaciones y remodelaciones eléctricas en la planta CLIENTE con Nit **No** _____ ubicada **en** _____ del municipio de _____.

Cumple con todos y cada uno de los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas RETIE que le aplican, incluyendo los productos utilizados en ella, para lo cual anexo copia de los respectivos certificados.

Así mismo declaro que atendí los lineamientos del diseño efectuado por el Ingeniero _____, con matrícula profesional N° _____, y que el alcance de la instalación eléctrica es el expresado en el plano eléctrico anexo.

En constancia se firma en _____ a los ____ días del mes de _____ del _____.

Firma

Cédula de ciudadanía N° _____

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 184.

10.4. DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y CONFORMIDAD DE LA INSTALACION ELÉCTRICA

A partir de entrada en vigencia del reglamento RETIE, debe generarse un certificado de conformidad expedido por una entidad acreditada por el Ministerio de Minas y Energía.

Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
REGlamento TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)
INFORME DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CONFORMIDAD

No. _____

Lugar y fecha _____

Propietario de la Obra: _____

Tipo de proceso: Generación ☐ Transmisión ☐ Transformación ☐ Distribución ☐ Utilización ☐
Tipo de uso de la instalación: Residencial ☐ Comercial ☐ Industrial ☐ Oficial ☐ Hospitalaria ☐

Capacidad instalada (kVA): _____ Tensión (V): _____ Año construcción: _____ Instalación: _____

Persona responsable del diseño: _____ Mat. Prof. _____
Persona responsable de la construcción: _____ Mat. Prof. _____
Persona responsable de la intervención (si la hay): _____ Mat. Prof. _____

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	APLICA	CUMPLE	NO CUMPLE
1	Accesibilidad a todos los dispositivos de control y protección.			
2	Norma contra incendio.			
3	Continuidad de los conductores de tierra y conexiones equipotenciales.			
4	Corrientes en el sistema de puesta a tierra.			
5	Dispositivos de seccionamiento y mando.			
6	Distancias de seguridad.			
7	Ejecución de las conexiones.			
8	Ensayo de polaridad.			
9	Ensayo dieléctrico específico.			
10	Ensayos funcionales.			
11	Existencia de memoria de cálculo.			
12	Existencia de planos, esquemas, avisos y señales.			
13	Funcionamiento del corte automático de la alimentación.			
14	Identificación de conductores de neutro y de tierra.			
15	Identificación de los circuitos y de tuberías.			
16	Materiales acordes con las condiciones ambientales.			
17	Niveles de iluminación.			
18	Protección contra efectos térmicos.			
19	Protección contra electrocución por contacto directo.			
20	Protección contra electrocución por contacto indirecto.			
21	Resistencia de puesta a tierra.			
22	Resistencia de suelas y paredes.			
23	Resistencia de aislamiento.			
24	Selección de conductores.			
25	Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes.			
26	Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones.			
27	Sistema de protección contra rayos.			
28	Sistemas de emergencia.			
29	Valores de campos Electromagnéticos.			

NOTA: En instalaciones de viviendas y pequeños comercios, los ítems a verificar son: 1, 3, 5, 8, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24 y 25.

OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES (si las hay):

RESULTADO: APROBADA ☐ CONDICIONADA ☐ NO APROBADA ☐

Persona calificada responsable de la inspección: Nombre _____
Firma _____ Documento de Identidad _____ Mat. Prof. _____
Acreditación o habilitación _____

Las modificaciones a la red ejecutadas directamente por personal del Operador de Red o por personal calificado de terceros bajo la supervisión de personal del Operador de Red, deben ser adaptadas a las condiciones de seguridad establecidas en el presente Reglamento. Tales modificaciones deben documentarse y estar disponibles en una dependencia del Operador de Red, de manera que sea de fácil acceso por la autoridad competente.]

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994 Resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: 2005. p. 185.

11. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTITUCIONES HOSPITALARIAS

Los centros de asistencia médica se clasifican para establecer como criterios generales y métodos para la instalación y alambrado que permitan reducir al mínimo los riesgos eléctricos ya que el cuidado de los pacientes en las diferentes áreas varía por la dificultad de detectar daños al ser humano por contactos conductivos o capacitivos entre el cuerpo del paciente y algún objeto puesto a tierra o superficies conductivas, bien sea por contacto accidental o por los instrumentos conectados al paciente. De esta manera es necesario tomar mayores medidas de precaución al haber mayor cantidad de equipos que se requieran o que estén conectados a los pacientes ya que el riesgo aumenta en las diferentes áreas de asistencia médica.

Según el RETIE los centros de asistencia médica se clasifican en tres niveles:

- **NIVEL I:** CENTRO DE SALUD CON MÉDICINA GENERAL.
- **NIVEL II Y III:** HOSPITALES Y CLÍNICAS CON DIFERENTES GRADOS DE ESPECIALIZACIÓN.

11.1. INTRODUCCIÓN A LA CLASIFICACION DE INSTALACIONES MÉDICAS

En las instalaciones para el cuidado de la salud es fácil encontrar que los hospitales tengan un sistema de puesta a tierra o de una referencia general aislada (varillas individuales) la cual nunca debe ser usada por la inseguridad que representa. Una adecuada conexión a tierra y equipotencialidad de los componentes del sistema garantizan una operación limpia, libre de ruidos electromagnéticos y una alta confiabilidad.

Puede considerarse que un paciente está conectado a tierra debido a la transpiración, a la posible incontinencia y al simple hecho de que se encuentra sobre una cama de armazón metálico. Por este motivo en algunos centros asistenciales se prohíbe el uso de aparatos eléctricos particulares. Otros limitan su admisión, solamente a aparatos que funcionan con pilas.

La conexión a tierra de todos los equipos eléctricos- electrónicos es requerida tanto por seguridad como punto de referencia al sistema. Debe existir una perfecta equipotencialidad entre todos los componentes del sistema y tierra.

Un problema especial se presenta en pacientes con un conductor que desde el exterior es conectado directamente al músculo del corazón. Tal paciente pudiera electrocutarse con niveles de corriente tan bajos que se requiere de protecciones adicionales en el diseño de los aparatos, catéteres, así como un control riguroso de las practicas medicas.

El diseño y mantenimiento de las salidas para los aparatos utilizados en electromedicina deben basarse más en la clasificación de los tipos de áreas de cuidados de paciente que designe las directivas del hospital que en su aspecto constructivo y apariencia física.

Para este manual según el cuidado y atención que necesita el paciente se clasifican las Instituciones Hospitalarias mediante la **NORMA NTC 2050** en “**Áreas de cuidado de pacientes**” como son:

- Áreas de ATENCIÓN general
- Áreas de ATENCIÓN critica
- Áreas Húmedas
- Áreas para Anestesia
- Piscinas terapéuticas y bañeras.
- Bañeras terapéuticas (tanques hidroterapéuticos).
- Comunicaciones, sistemas de señalización, sistemas de datos, sistemas de señalización de protección contra incendios y sistemas de baja tensión.

11.2. ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL A PACIENTES

Son aquellas áreas como cuartos de pacientes, salas de examen, salas de tratamientos salas de curas y áreas similares en las que el paciente este en contacto con dispositivos comunes tales como el sistema de llamado a

enfermeras, camas eléctricas, lámparas de examen, teléfonos y aparatos para el entretenimiento.

En estas áreas el paciente también podría estar conectado a aparatos electromédicos (tales como almohadillas calientes, electrocardiógrafos, bombas de drenaje, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, líneas periféricas intravenosas).

11.2.1. Eficiencia de la puesta a tierra. La puesta a tierra es eficiente cuando cualquiera de dos superficies conductivas descubiertas en la proximidad del paciente (un área de 1.80 m en todas las direcciones que estén alcance del paciente según lo define la NTC 2050), no exceda los 500 mV bajo operación normal a frecuencias de 1000 Hz o menos, medidas a través de una resistencia de 1000 ohmios.

11.2.2. Tomacorrientes del puesto de cama de paciente. Cada puesto de cama del paciente deberá ser provisto con un mínimo de cuatro tomacorrientes sencillos o dos dobles, los cuales deberán estar puestos a tierra mediante un cable de cobre aislado dimensionado de acuerdo con la **Tabla 4**. Cada puesto de cama de paciente debe ser alimentado al menos de dos circuitos de los cuales al menos uno debe originarse en un tablero del sistema normal; todos los circuitos ramales del sistema normal deben originarse en el mismo tablero.

A partir de 1993 los tomacorrientes para los puestos de camas de los pacientes deben ser de tipo "Grado Hospitalario" e identificarse de forma visible como tales. Cada toma debe ponerse a tierra mediante un conductor de cobre aislado como ya se menciona.

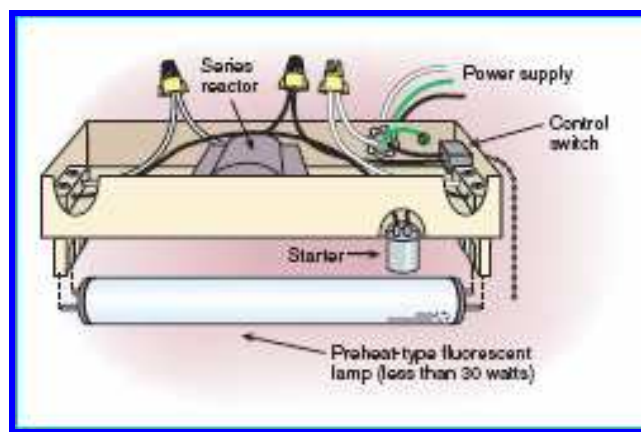
Figura 83. Tomacorriente grado hospitalario



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 783.

11.2.3. Puesta a tierra e interconexiones. Las barras de terminales de puesta a tierra de equipos en los tableros de los sistemas normal y emergencia deberán estar interconectadas mediante un conductor continuo de cobre de calibre no menor al No. 10. No deben descuidarse los cuartos de baño. Las cadenillas de encender lámparas requieren de un eslabón aislado, a fin de evitar un choque eléctrico accidental, también son deseables las llaves y los tomacorrientes con tapa aislada.

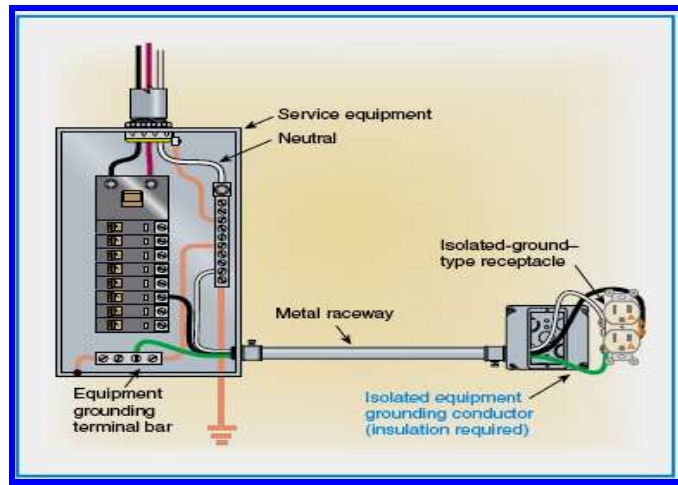
Figura 84. Lámpara con SPT



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 508.

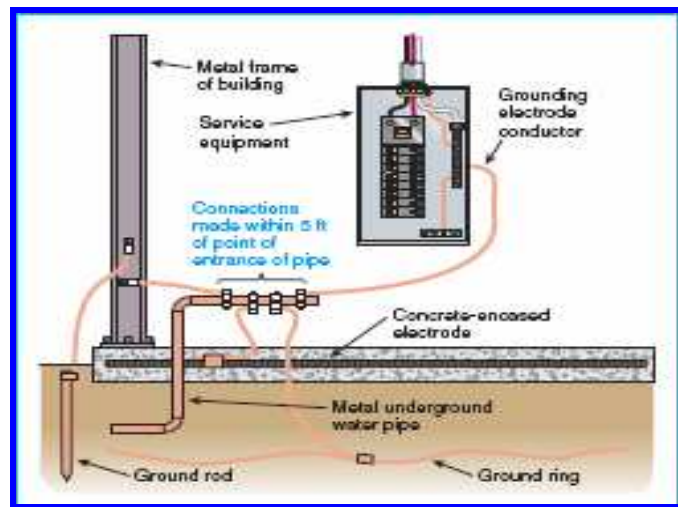
Además de las salas destinadas a los pacientes, las destinadas a las enfermeras, como también sus áreas auxiliares, deben estar dotadas de tomacorrientes y equipos debidamente conectados a tierra o que tengan doble aislamiento.

Figura 85. Interconexión de SPT de tablero y toma corriente.



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 239.

Figura 86. Interconexión de SPT de tablero y estructura. NEC2005



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 207.

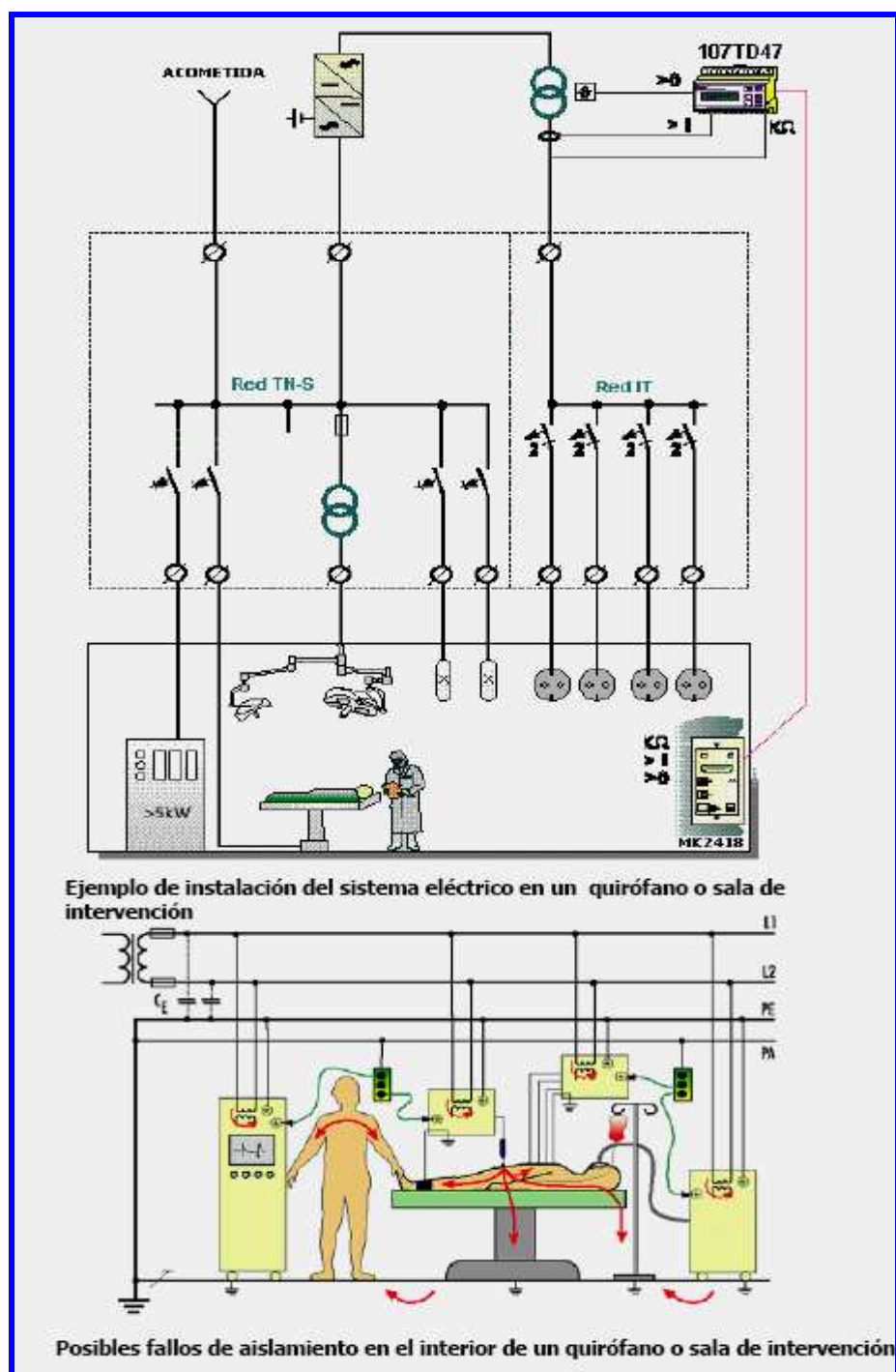
11.2.4. Inspecciones. Las inspecciones que se deben desarrollar en las áreas de atención general son:

- ✓ Verificar la continuidad eléctrica de todos los circuitos a tierra.
- ✓ Controlar los aparatos y todas las superficies conductoras accesibles y que no llevan corriente, con el fin de que no tengan una pérdida excesiva de corriente.
- ✓ Verificar que la superficie física de los equipos portátiles y fijos no este dañada (por ejemplo superficies rajadas, abolladas o deformadas), de ser así, se deben somete a una minuciosa inspección a fin de determinar si existe un peligro potencial.
- ✓ En caso de encontrarse en uso adaptadores eléctricos o tomacorrientes múltiples (improvisados) será necesario cambiarlos.

11.3. ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA

Son aquellas unidades de cuidados especiales, UCI, las de cuidados coronarios, los laboratorios de caterización y de angiografía, salas de partos, salas de cirugía y áreas similares en las cuales los pacientes son sometidos a procesos invasivos y conectados a aparatos electromédicos alimentados por la red.

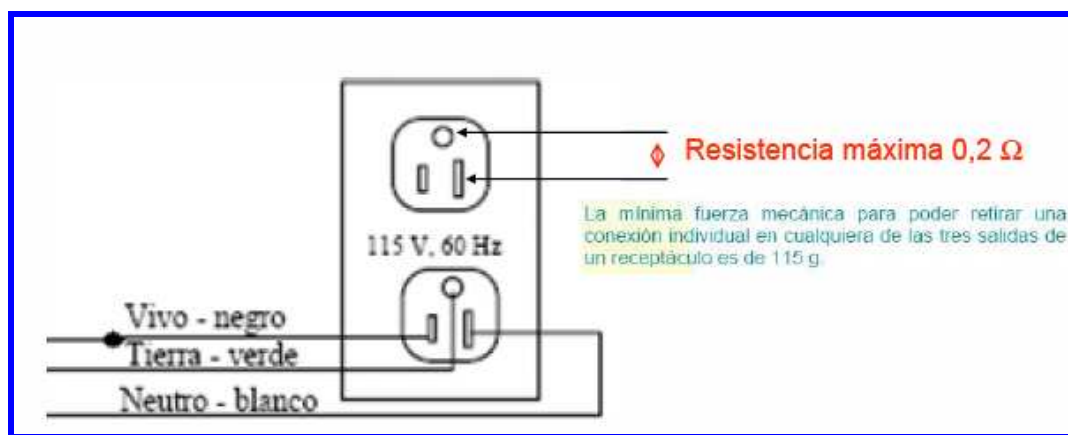
Figura 87. Ejemplo de instalación del sistema eléctrico en un quirófano.



Fuente: Fichas técnicas de arquitectura e ingeniería hospitalaria. Bloque Quirúrgico: Sistema de Seguridad Eléctrica [en línea]. España: Hospitecnia, 2006. [Consultado 14 de junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hospitecnia.com.html>

11.3.1. Eficiencia de la puesta a tierra. La puesta a tierra es eficiente cuando cualquiera de dos superficies conductoras descubiertas en la vecindad del paciente que esta en áreas de cuidado critico, no sobrepase los 20 mV, medidas a través de una resistencia de 1000 ohmios. En consecuencia la impedancia límite entre dos superficies (eléctricamente conductoras) expuestas sea de 0.2 ohmios.

Figura 88. Límite de impedancia de un tomacorriente grado hospitalario.



Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 22.

La norma NEC Artículo 517-15 de 1990 regula la máxima diferencia de potencial que es permitida en condiciones normales de operación, entre dos cualesquiera superficies conductoras en la proximidad del paciente, según se muestra en la Tabla 7

Tabla 7. Máxima diferencia de potencial permitida en la proximidad del paciente

Áreas de cuidados generales	500 mV
Áreas de cuidados intensivos	40 mV

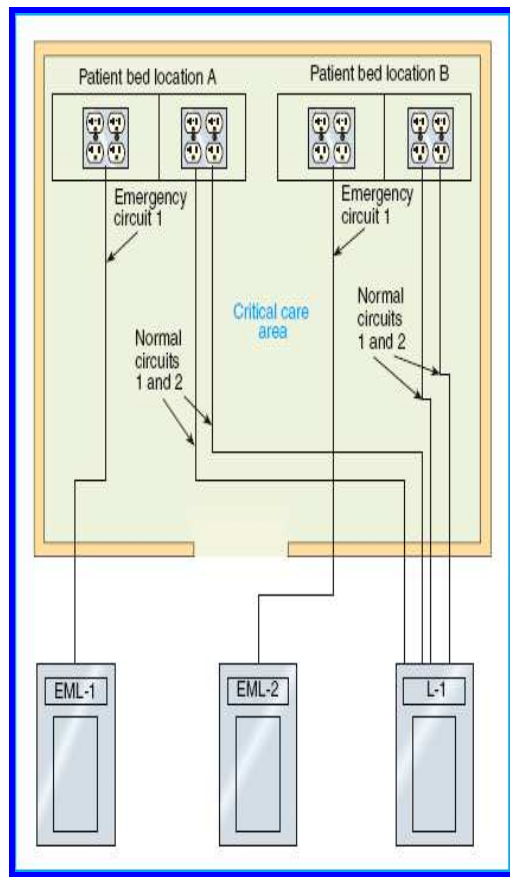
Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 21.

11.3.2. Tomacorrientes de puesto de cama de paciente. Cada puesto de paciente deberá estar provisto de seis tomacorrientes sencillos o tres dobles

puestos a tierra al punto de puesta a tierra de referencia, mediante conductor de cobre aislado de puesta a tierra de equipos. Todos los tomacorrientes deben ser del tipo “Grado Hospitalario” e identificarse de forma visible como tales. Cada toma debe ponerse a tierra mediante un conductor de cobre aislado dimensionado de acuerdo con la Tabla 4.

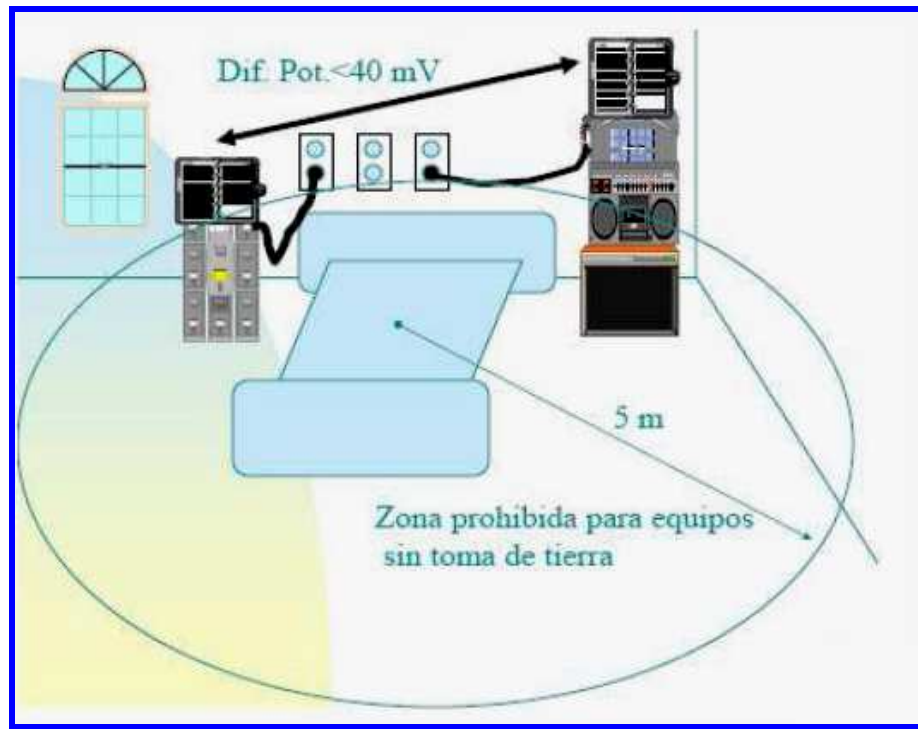
Cada puesto de cama de paciente debe ser alimentado al menos de dos circuitos de los cuales uno o más de ellos debe provenir del sistema de emergencia y al menos uno ellos debe ser un circuito ramal individual. Todos los circuitos ramales del sistema normal deben originarse en el mismo tablero. Los tomacorrientes deben ser identificados y también indicarán el tablero y el número del circuito que los alimenta.

Figura 89. Ejemplo de circuitos normal y de emergencia para suplir tomacorrientes en camas de pacientes en áreas de cuidado crítico.



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 784.

Figura 90. Zona prohibida para equipos sin toma de tierra



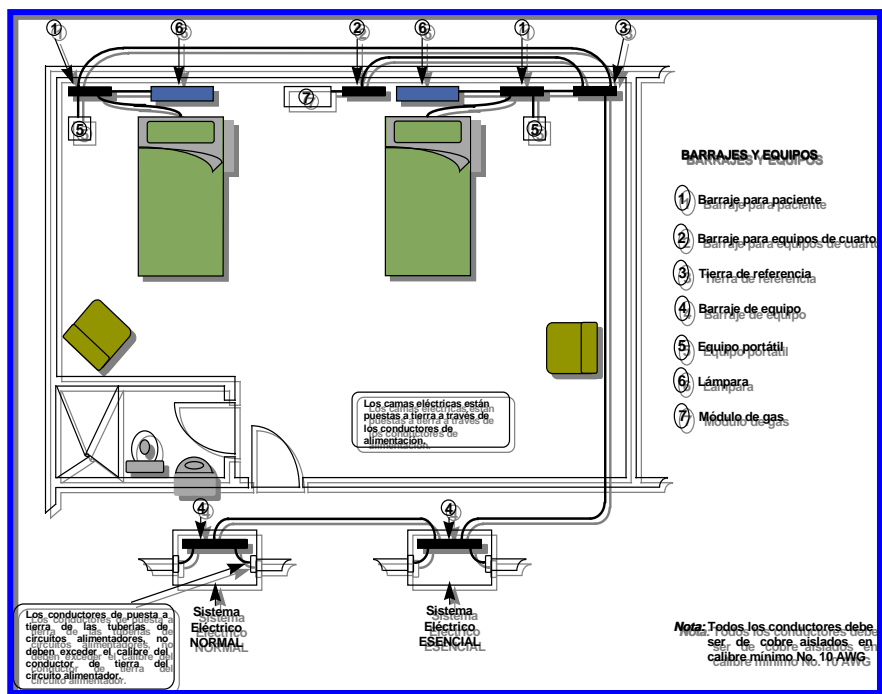
Fuente: RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); p. 21.

11.3.3. Puesta a tierra e interconexión en la vecindad del paciente. Para una mejor comprensión de cada uno de los literales expuestos a continuación ver Figura 90.

- ❖ Cada puesto para cama de pacientes tendrá un punto de puestas a tierra para equipo del paciente conectado al punto de puesta a tierra de referencia mediante un conductor de cobre aislado de calibre no menor del No. 10, que vaya directamente al punto de puesta a tierra de referencia o mediante un conductor conectado en forma permanente al conductor de puesta a tierra de un tomacorriente cercano. El punto de puesta a tierra para equipo del paciente, donde sea previsto, contara con una o más clavijas aprobadas para tal fin.
- ❖ Las barras terminales de puesta a tierra de los equipos del tablero normal y del sistema de emergencia deben ser unidas con un conductor de cobre aislado y continuo no menor del calibre No. 10. Cuando más de dos (2) paneles alimentan la misma área este conductor debe ser continuo entre ellos.

- ❖ Se preverá uno o más puntos de interconexión de un ambiente y serán puestos a tierra al punto de referencia por medio de un conductor de cobre aislado y continuo no menor del calibre No. 10.

Figura 91. Puesta a tierra e interconexiones en la vecindad del paciente.



Fuente: MONTENEGRO OROSTEGUI, Armando. Ministerio de Salud República de Colombia. En: Puesta a tierra hospitalarias instalaciones eléctricas hospitalarias. (Julio, 1998); p. 25.

- ❖ Las superficies conductivas fijas descubiertas en la vecindad del paciente y con probabilidades de ser energizadas, serán conectadas al punto de interconexión del ambiente o al punto de puesta a tierra de la referencia mediante conductores continuos de cobre o mediante las partes conductivas de las estructuras cuya conductancia sea al menos igual a la del conductor de cobre calibre No. 10. En caso de instalarse conductores de interconexión, deben ser colocadas en forma radial o de anillo según el caso.

Excepción

Las superficies conductivas pequeñas empotradas en paredes sin probabilidad de ser energizadas, tales como colgador de toallas, dispensador de jabón, espejos o similares. De igual manera las superficies metálicas sin probabilidad de ser energizadas (tales como

marcos de ventanas y puertas) no necesitan ser puestos a tierra intencionalmente mediante conexión al punto de interconexión del ambiente.

a) Los requisitos del párrafo d no se aplicarán a utensilios portátiles o muebles (Ej. Estantes al lado de las camas, mesas de cama, sillas, soportes para aparatos de TV, jarras, platos y similares).

b) Cualquiera de los puntos de conexión y puesta a tierra de los numerales a, b, c y d pueden conectarse entre sí para formar un solo punto.

c) Un puesto para cama de paciente no estará servido por más de un punto de puesta a tierra de referencia.¹

11.3.4. Puesta a tierra de la canalización del alimentador. Cuando se utiliza un sistema de distribución eléctrica puesto a tierra se asegura la puesta a tierra de la canalización del alimentador mediante boquilla de puesta a tierra y un conductor continuo de cobre de calibre no inferior al No. 12 que se extienda desde la boquilla hasta la barra de tierra del tablero.

11.3.5. Puesta a tierra de un sistema de potencia aislado. Cuando se utiliza una fuente de potencia aislada, no puesta a tierra y la corriente de primera falla es limitada a un valor bajo, el conductor de puesta a tierra asociado con el circuito secundario podrá ir fuera de la canalización de los conductores de potencia en el mismo circuito. Sin embargo es más seguro llevar este conductor junto con los conductores de potencia a fin de obtener una mejor protección en caso de falla a tierra en el secundario, supuesto que esta situación reduce la impedancia de la trayectoria de tierra.

11.3.6. Puesta a tierra de tomacorrientes especiales. El conductor de puesta a tierra del equipo de tomacorrientes especiales, tales como aquellos para la operación de equipos móviles de rayos X, serán extendidos hasta el punto de puesta a tierra de referencia en todos los sitios donde tales tomas existan; cuando tal circuito es alimentado por un sistema aislado, no puesto a tierra, el conductor de tierra debe ir por vía distinta a la de los conductores activos del circuito, sin embargo el terminal de puesta a tierra del equipo del tomacorriente de uso especial estará conectado al punto de puesta a tierra de referencia.

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS CLOMBINAS. Normas colombianas para instalaciones eléctricas. Primera actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: ICONTEC, 2002. P. 604. NTC 2050.

11.3.7. Técnicas adicionales de protección. Se permitirá el uso de sistemas aislados en áreas de cuidado crítico.

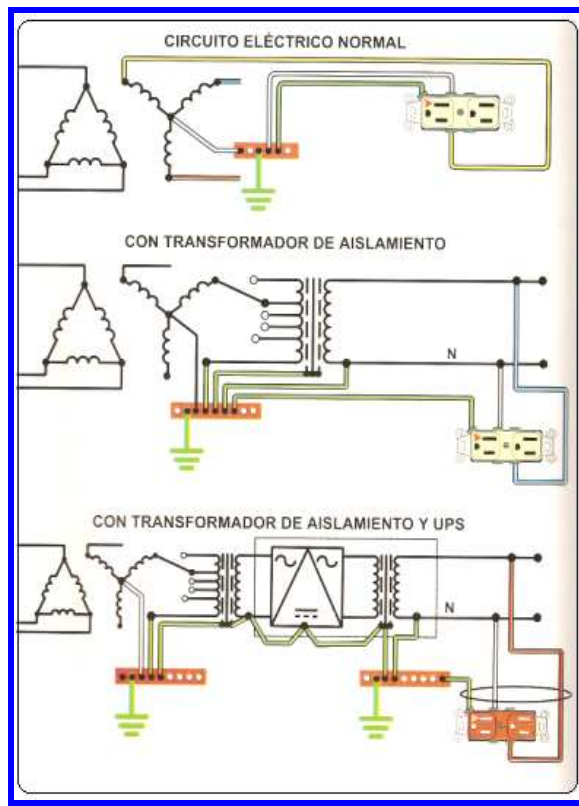
❖ El equipo para sistemas de potencia aislados será el aprobado para tal fin y diseñado e instalado de manera que cumpla con los propósitos y este de acuerdo con la sección 517-104 de la norma NTC 2050.

Excepción

- Un circuito parcial aislado que alimenta un área para anestesia, no puede servir ninguna otra dependencia. Los indicadores audibles y visuales del monitor de aislamiento de línea podrán estar ubicados en el puesto de enfermería del área servida.

En la Figura 92 podemos observar algunos tipos de conexión para equipos sensibles.

Figura 92. Conexiones para equipos sensibles.



Fuente: CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogotá, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. p. 168.

11.3.8. Inspecciones. Las inspecciones que se deben desarrollar en las áreas de atención crítica son:

- ✓ Verificar que los equipos y muebles que no tienen electricidad estén conectados al punto de tierra para el paciente (Las sillas, la bacinilla y otros elementos similarmente pequeños no requieren conexión a tierra).
- ✓ Controlar la continuidad a tierra entre todas las superficies conductoras expuestas que no tienen corriente en la vecindad del paciente. Este control es imperativo en esta área y deberá realizarse cada tres meses.
- ✓ Controlar la tensión de los resortes de las ranuras de los tomacorrientes, la ranura de conexión a tierra en particular. Los controles regulares servirán para identificar aquellos tomacorrientes regulares y remplazarlos antes de que se presenten fallos.

Nota: Se considera aceptable una tracción de 113 gr. La confiabilidad del tomacorriente es dudosa cuando la lectura del tensiómetro desciende a la mitad de este valor. Una tensión de 85 gr es considerada por **UL** como mínimo absoluto. (Las tapas excesivamente pintadas de los tomacorrientes pueden producir interferencia a las clavijas de prueba, dando una lectura erróneamente alta).

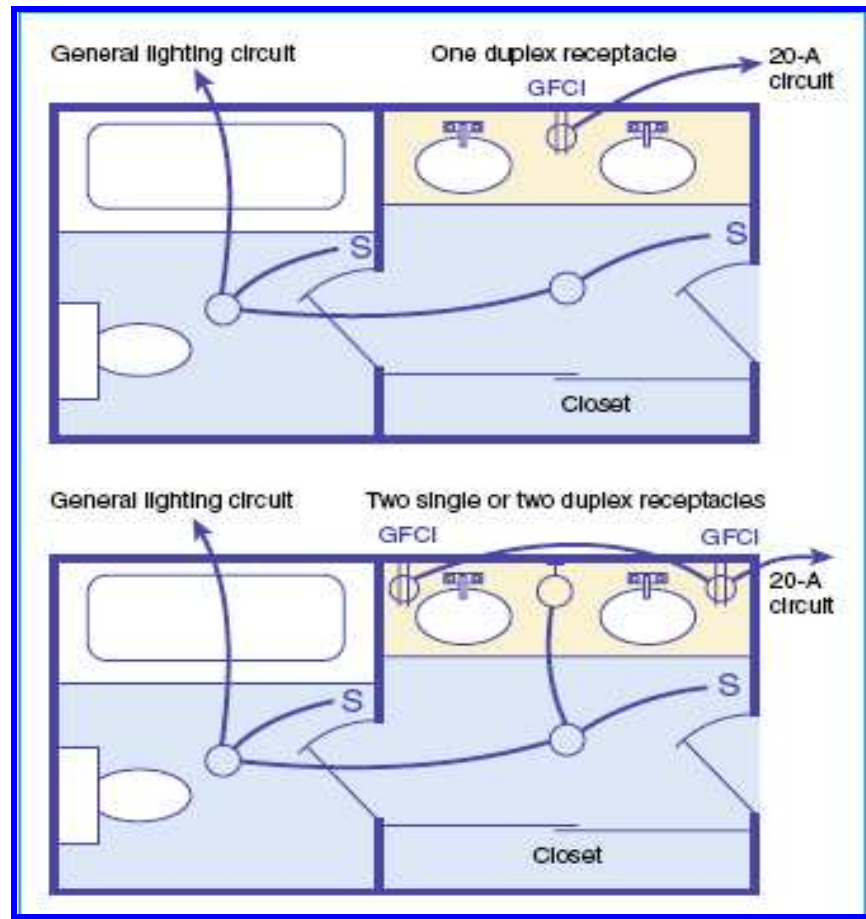
11.4. ÁREAS HUMEDAS

Son áreas de cuidados de pacientes normalmente sujetas a condiciones de humedad mientras los pacientes están presentes. Estos incluyen líquidos sobre el piso o que humedecen el área de trabajo, ya sea que cualquiera de estas condiciones esté ligada al paciente o al personal del hospital. Los procedimientos rutinarios y el derrame accidental de líquidos no definen un lugar húmedo. Las áreas de cuidado crítico y de cuidados generales también deben considerarse como áreas húmedas.

11.4.1. Técnicas de protección. Los equipos conectados por enchufe o cordón deben tener un conductor de tierra del equipo de calibre no menor del No. 12 y un enchufe del tipo con puesta a tierra.

Todos los tomacorrientes y equipos fijos dentro de estas áreas, deben estar provistos de interruptores con protección contra falla a tierra si se puede permitir la interrupción del circuito bajo falla o un sistema de potencia aislado, si tal corte no puede permitirse.

Figura 93. Tomacorriente GFCI en baños.



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 74.

Excepción

- Los circuitos parciales que alimentan equipos de diagnóstico y terapia, homologados y fijos, que pueden alimentarse desde una acometida monofásica o trifásica normal puesta a tierra, si el alambrado para los circuitos aislados y las puestas a tierras no ocupan los mismos ductos y todas las superficies conductoras de los equipos están puestas a tierra.

Figura 94. Toma corriente doble GFCI



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 73.

11.5. ÁREA PARA ANESTESIA

11.5.1. Lugares clasificados como peligrosos. En un local donde se emplean anestésicos inflamables, el área completa será clasificada como un lugar Clase I, División 1, hasta una altura de **1,5metros** sobre el nivel del piso. El resto del volumen del local hasta la placa del techo se considera como espacio por encima de lugares (clasificados) peligrosos.

Cualquier habitación o lugar en el cual se almacenen anestésicos inflamables o desinfectantes volátiles inflamables será considerado como lugar Clase I, División 1, del piso al techo.

11.5.2. Lugares diferentes a los clasificados como peligrosos. Cualquier lugar, incluido los quirófanos, salas de partos, cuartos de anestesia, corredores, cuartos de faena, utilizados y designados para uso de anestésicos no inflamables será clasificados como lugares diferentes al peligroso.

11.5.3. Equipos y puestas a tierra. En todas las áreas de anestesia, todas canalizaciones metálicas y recubrimientos metálicos de los cables y todas partes conductivas no portadoras de corriente de los equipos eléctricos fijos, se deben poner a tierra. La puesta a tierra de los lugares Clase I debe cumplir lo establecido en el Artículo 501-16 del NTC 2050.

Excepción

- Los equipos que funcionen a menos de 10 voltios entre conductores que no necesitan puesta a tierra.
- **Dentro de locales de anestesia.** Todos los equipos aquí utilizados deberán ser aprobados para las atmósferas peligrosas involucradas (éter etílico, etileno o gases o vapores de riesgo similar), adicionalmente deben ser equipos aprobados para Clase I, División 1.

Los enchufes y tomacorrientes en lugares (clasificados) peligrosos Clase I, Grupo C, debe estar provistos de contacto para la conexión del conductor de puesta a tierra.

Los cordones flexibles, usados en áreas peligrosas, para conectar equipos portátiles incluyendo lámparas, que operen a más de 8 voltios entre conductores, deberá ser de un tipo aprobado para uso extra- pesado, de acuerdo con lo estipulado en la tabla 400-4 de la norma NTC 2050 y deberán incluir un conductor adicional para puesta a tierra.

- **Por encima de ambientes de anestesia peligrosos.** Los enchufes y tomacorrientes deben ser aprobados para uso especial de hospitales (Grado Hospitalario) y para servicios de determinadas tensiones, frecuencias, rango y numero de conductores con provisión de conexión a tierra. Este requisito solo se aplica a enchufes y tomacorrientes de 2 polos, 3 hilos, tipo de puesta a tierra, para corriente alterna monofásica de 120 voltios nominales.

Los enchufes y tomacorrientes para conectar equipos médicos de 250 voltios, 50 y 60 amperios C.A., deberán ser diseñados de tal forma que el tomacorriente de 60 amperios acepte un enchufe con capacidad de 50 a 60 amperios. Los tomacorrientes de 50 amperios no deben aceptar enchufes de 60 amperios. Los enchufes deben ser del tipo 2 polos, 3 hilos con un tercer contacto que conecte

el conductor aislado de puesta a tierra del equipo (verde o verde con bandas amarillas), en el sistema eléctrico.

- **Diferentes de ambientes de anestesia peligrosa.** Los enchufes y tomacorrientes deben ser aprobados para uso especial de hospitales (Grado Hospitalario) y para servicios de determinadas tensiones, frecuencias, rango y número de conductores con provisión de conexión a tierra. Este requisito solo se aplica a enchufes y tomacorrientes de 2 polos, 3 hilos, tipo de puesta a tierra, para corriente alterna monofásica de 120, 208 o 240 voltios nominales.

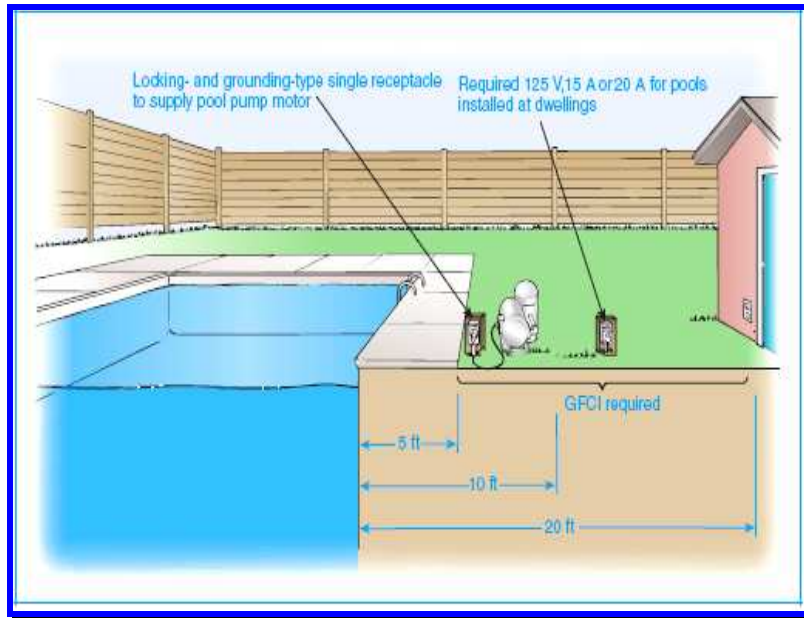
Los enchufes y tomacorrientes para conectar equipos médicos de 250 voltios, 50 y 60 amperios C.A., deberán ser diseñados de tal forma que el tomacorriente de 60 amperios acepte un enchufe con capacidad de 50 a 60 amperios. Los tomacorrientes de 50 amperios no deben aceptar enchufes de 60 amperios. Los enchufes deben ser del tipo 2 polos, 3 hilos con un tercer contacto que conecte el conductor aislado de puesta a tierra del equipo (verde o verde con bandas amarillas), en el sistema eléctrico.

11.6. PISCINAS TERAPEUTICAS Y BAÑERAS

11.6.1. Disposiciones generales. Las disposiciones siguientes aplican a las piscinas terapéuticas y bañeras en instalaciones de asistencia médica. Los artefactos terapéuticos portátiles cumplirán con la sección 422 de la norma NTC 2050.

11.6.2. Piscinas terapéuticas instaladas permanentemente. Las piscinas terapéuticas instaladas en el piso o sobre el piso o en una edificación de tal manera que las piscinas no puedan ser fácilmente desmontadas.

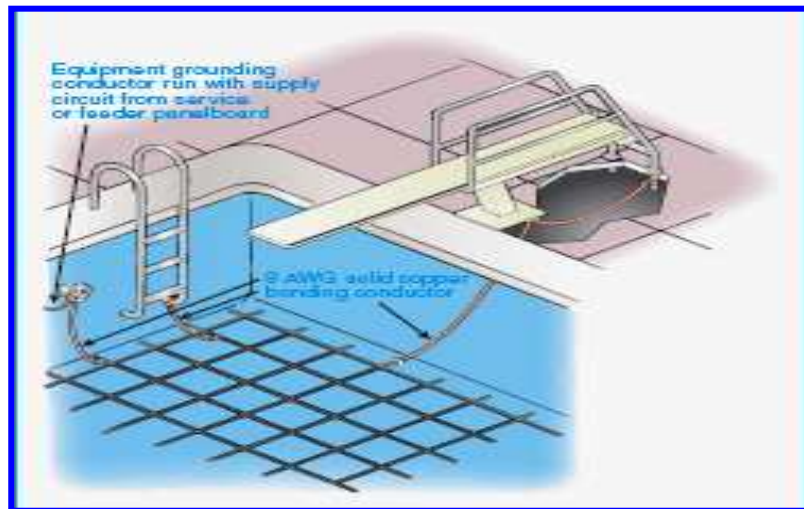
Figura 95. Disposición de tomacorriente GFCI en área de piscina



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 991.

- **Puesta a tierra.** Los siguientes equipos estarán puestos a tierra:

Figura 96. SPT para Piscina



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 999.

- ❖ Los aparatos de alumbrado subacuáticos de nicho mojado.
- ❖ Los aparatos de alumbrado subacuáticos de nicho seco.
- ❖ Todos los equipos eléctricos colocados dentro de 1,50 m de las paredes internas de la piscina.
- ❖ Todos los equipos eléctricos anexos con el sistema de circulación de agua de la piscina.
- ❖ La caja de empalmes.
- ❖ La cubierta de los transformadores.
- ❖ Los interruptores contra falla a tierra del circuito.
- ❖ Los tableros que no forman parte del equipo de acometida y que alimentan cualquier equipo eléctrico anexo a la piscina.

• **Métodos de conexión, Aparatos de alumbrado en piscina y otros equipos.** Los aparatos de alumbrado de nicho mojado estarán conectados a un conductor de puesta a tierra del equipo, cuyo calibre está de acuerdo con la tabla 250-95 pero no menor del calibre No. 12. El conductor será de cobre aislado y será conectado con los conductores del circuito en tubos rígidos metálicos, tubo metálico intermedio o tubo rígido no metálico.

Excepción

- Se permitirá el uso de tubería metálica eléctrica para la protección de los conductores que vayan por dentro o fuera de las paredes.
- El conductor de puesta a tierra del equipo entre la cámara de alambrado del arrollado secundario de un transformador y la caja de empalmes será de un calibre que esté de acuerdo con el dispositivo contra sobrecorriente de este circuito.

La caja de empalme, la cubierta del transformador u otras cubiertas en el circuito de alimentación de un aparato de alumbrado de nicho mojado y la cámara de alambrado de campo de un aparato de alumbrado de nicho seco se pondrán a tierra al terminal de puesta a tierra del equipo de tableros. Este

terminal estará directamente conectado a la cubierta del tablero. El conductor de puesta a tierra del equipo se instalará sin unión ni empalme.

Excepción

- Cuando se alimenta con un mismo circuito ramal más de un aparato de alumbrado subacuático, el conductor de puesta a tierra de equipo instalado entre cajas de empalmes, cubiertas de transformadores u otras envolturas en el circuito de alimentación de aparatos de nicho mojado o entre los campos de alambrado de aparatos de nicho seco, puede terminar en los terminales de puesta a tierra.
- Cuando el aparato de alumbrado subacuático se alimenta desde un transformador, un interruptor contra fallas a tierra o un swiche operado por un reloj el cual está situado entre el tablero y una caja de empalmes conectadas al tubo rígido que se extiende directamente hasta el aparato de alumbrado subacuático, el conductor de puesta a tierra del equipo puede terminar en los terminales de puesta a tierra sobre el transformador interruptor automático contra fallas a tierra o cubiertas del swiche operado por reloj.

En los aparatos de alumbrado de nicho mojado que están alimentados por cables o cordones flexibles tendrán todas las partes descubiertas metálicas que no transportan corrientes puestas a tierra por un conductor de puesta a tierra de equipos de cobre aislado y que sea parte integral del cordón o cable. Este conductor de puesta a tierra será conectado a un terminal de tierra en la caja de empalmes de alimentación, cubierta del transformador u otras cubiertas. El conductor de puesta a tierra no será menor que el conductor de alimentación y no menor del calibre No. 16.

- **Tableros.** Un tablero que no sea parte del equipo de acometida, tendrá un conductor de puesta a tierra de equipo instalado entre su terminal de puesta a tierra y el terminal de puesta a tierra del equipo de acometida. Este conductor será de calibre de acuerdo a la Tabla 4 pero no menor que el calibre No. 12, será un conductor aislado e instalado con los conductores alimentadores en un tubo metálico rígido.

El conductor de puesta a tierra del equipo será conectado a un terminal de puesta a tierra del equipo de tableros.

Excepción

- El conductor de puesta a tierra de equipos entre un tablero lejano existente y el equipo de acometida no necesita colocarse en un tubo si la interconexión se hace por medio de un cable aprobado ensamblado con un aislante que tenga un conductor de puesta a tierra de equipos con cubierta.
- La tubería eléctrica metálica se permitirá usar para proteger los conductores cuando están instalados en o dentro de inmuebles.

Otros equipos. El equipo eléctrico que no sea aparatos de alumbrados subacuáticos será puesto a tierra de acuerdo con la sección 250 de la norma NTC 2050.

Equipos conectados con cordones. Cuando se conectan equipos fijos o estacionarios con un cordón flexible para facilitar su remoción o desconexión para su mantenimiento, reparación o almacenamiento, los conductores de puesta a tierra de equipos deberán conectarse a una parte metálica fija del conjunto. La parte que es retirable estará montada sobre la parte metálica fija o estará interconectada a ella.

11.7. BAÑERAS TERAPÉUTICAS (TANQUES HIDROTERAPÉUTICOS)

Conformarán a esta parte bañeras térmicas usadas para la inmersión y tratamientos de pacientes; éstas no se moverán fácilmente de un lugar a otro en uso normal o estarán fijadas o aseguradas de otra manera en un lugar específico incluyendo sistema de tuberías para cañerías.

11.7.1. Conexión. Las siguientes partes se conectarán juntas.

- ❖ Todos los accesorios metálicos dentro o fijos a la estructura de la bañera.
- ❖ Partes metálicas para los equipos eléctricos asociados con el sistema de circulación del agua de la bañera, incluyendo los motores de bombas.

- ❖ Tubos metálicos y tuberías metálicas que están dentro de los 1,50 m de la pared interna de la bañera y no separados de la bañera por una barrera permanente.
- ❖ Todas las superficies metálicas que están dentro de los 1,50 m del interior de la bañera y no separadas del área de la bañera por una barrera permanente.
- ❖ Los dispositivos y controles eléctricos no asociados con las bañeras terapéuticas se localizarán mínimo a 1,50 m, a lo lejos de tales unidades o se conectarán al sistema de bañeras terapéuticas.

11.7.2. Métodos de conexión. Todas las partes metálicas asociadas con los tubos se conectarán por uno cualquiera de los siguientes métodos: La conexión de tuberías y accesorios metálicos roscados en un montaje de metal a metal sobre una estructura o base común; conexiones por empalmes metálicos adecuados o por provisiones de un conector de cobre de interconexión, aislado, cubierto o desnudo no menor que el calibre No. 8 sólido.

11.7.3. Puesta a tierra. Los siguientes equipos estarán puestos a tierra:

- ❖ Todos los equipos eléctricos localizados dentro de 1,50 m de las paredes internas de la bañera.
- ❖ Todos los equipos eléctricos asociados con el sistema de circulación de agua de la bañera.

11.7.4. Métodos de puesta a tierra. Todos los equipos eléctricos serán puestos a tierra de acuerdo con la sección 250 de la norma NTC 2050.

Cuando los equipos se conectan con un cordón flexible, los conductores de puesta a tierra del equipo serán conectados a una parte metálica fija del conjunto.

11.7.5. Tomacorrientes. Todos los tomacorrientes dentro de 1,50 m de una bañera terapéutica serán protegidos por un interruptor contra fallas a tierra (GFCI).

11.8. ÁREAS DISTINTAS A LAS ÁREA DE ATENCIÓN A PACIENTES

La puesta a tierra de los sistemas señalados en el presente capítulo se realizara de acuerdo con lo estipulado en las secciones 725, 760 y 800 de la norma NTC 2050 “Código Eléctrico Nacional”.

11.8.1. Comunicaciones. Los sistemas de señal y comunicación hacen posible la eficiente y oportuna operación en las instalaciones de asistencia médica. Se debe hacer primero una planificación del diseño de la comunicación y sistemas de señal. Lo primero es: los aparatos de usuario que ampliamente incluyen teléfono, altavoces, botones de llamada de enfermera, estación de registro de doctores, buscapersonas de radio, radios de doble dirección, y una multitud de otros dispositivos.

Los ingenieros deben prestar especial atención para diseñar la disposición del centro de control de señal y comunicaciones dentro de las instalaciones de asistencia médica, teniendo en cuenta los siguientes lugares especiales de comunicación:

- Centro de control central
- Estación de enfermeras
- Centro de control cuarto de emergencia
- Centro de control de salas de operaciones

Los sistemas de comunicaciones, de señalización, de datos, de alarma contra incendios y sistemas a menos de 120 V. en áreas de cuidado a pacientes deben tener un aislamiento y aislantes equivalentes a los exigidos en los sistemas eléctricos de distribución en dichas áreas.

Las instalaciones en áreas que no sean de cuidado de los pacientes deben cumplir las disposiciones correspondientes de las secciones 640, 725, 760 y 800 del código eléctrico nacional NTC 2050.

Foto 26. Centro de control de señal y comunicación



Foto 27. Red de voz y datos



11.8.2. Oficinas Administrativas y salas de espera. Las salas de espera, oficinas administrativas están catalogadas como áreas distintas a las áreas de atención a pacientes y sus instalaciones eléctricas se remiten a los estándares generales de conexiones y alambrado según el Artículo 517-18 del NTC2050.

11.8.3. Sistema contra incendio. Los sistemas de alarma contra incendios son los de detención del fuego y notificación de la alarma, puesto de guardia, flujo de agua de los rociadores automáticos y sistema de supervisión de los mismos. Los circuitos y alimentadores por el propio sistema de alarma contra

incendios incluyen los de control para las funciones de los sistemas de seguridad del edificio, sensores de ascensores, salida de ascensores, apertura de puertas, control de puertas y ventanas (trampas) cortahumos, control de las puertas y ventanas contrafuegos y salida de ventiladores. Para mayor información remitirse a la sección 760 del NTC 2050.

Figura 97. Caja típica de alarma contra incendios



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 1104.

Foto 28. Sistema de alarma contra incendió, lámpara rutilante y sonora.



Figura 98. Detector de humo de tipo de punto típico



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 1101.

Figura 99. Unidad de control de alarma contra incendios.



Fuente: EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. p. 1100.

12. MODELO LA “NUEVA UNIDAD MEDICA DEL INSTITUTO PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS DEL VALLE DEL CAUCA”

A continuación encontraremos las especificaciones de montaje para una instalación hospitalaria cumpliendo con la normatividad exigida para toda instalación médica, realizada por la firma PROING S.A, en la cual desarrollamos la pasantía.

Foto 29. Fachada Instituto Niño Ciegos y Sordos Cali



Foto 30. Valla informativa de la Obra



12.1. ESPECIFICACIONES DE MONTAJE “INSTITUTO NC & S”

El fin de estas especificaciones es definir los requisitos de carácter particular, y un listado de los puntos más importantes de los materiales a suministrar y los trabajos a ejecutar, que están incluidos en el alcance del trabajo. Definir los requerimientos técnicos de la nueva unidad medica del **INSTITUTO PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS VALLE DEL CAUCA**.

Se deberá tener en cuenta que el Instituto se encuentra en funcionamiento por lo tanto la remodelación de las instalaciones del sótano, primero, segundo y tercer piso tendrá que realizarse en coordinación con el grupo de mantenimiento de el Instituto en los horarios y condiciones que no afecten a los usuarios de el Instituto.

Se exigirá la presencia de un ingeniero residente quien deberá asignar los procedimientos y cuidados a tener cuando se realicen trabajos que afecten las áreas en servicio actualmente.

Esta especificación representa un pequeño sumario que describe los puntos principales del suministro y del trabajo, este sumario no tiene que considerarse como una definición técnica completa de cada argumento.

Las instalaciones eléctricas, tendrán que estar de acuerdo con todos los códigos técnicos, reglamentaciones de seguridad y leyes vigentes en Colombia en el tiempo de la instalación. Las instalaciones eléctricas y todos sus materiales deberán cumplir con el RETIE, la norma Icontec, código Eléctrico Nacional en su última versión y las normas de EMCALI.

12.2. ALCANCE DE LA OBRA “INSTITUTO NC & S”

Se realiza un planteamiento del alcance para que no quede ningún punto del proyecto por cubrir, un cronograma con base al alcance de la obra.

- Montaje del centro de control de motores para los sistemas de agua potable y equipo contra incendio. Se deberán conectar los respectivos motores, controles e instrumentos.
- Instalación de tableros de baja tensión por piso para alumbrado y tomas con sus respectivos interruptores, conexión y cableado general.
- Construcción del sistema de tierra, incluyendo mallas de la subestación y pararrayos
- Tendido de toda la tubería conduit en losa y cielo falso
- Montar, conectar y probar los aparatos, tomas y luminarias.
- Pruebas de los distintos sistemas según lo indicado en los procedimientos y protocolos de pruebas.
- Realizar todos los trámites ante EMCALI incluyendo liquidación de los derechos de conexión e interventoría, entrega de las obras a EMCALI calibración de contadores y demás procedimientos para la energización.
- Elaboración de los planos tal como quedo construido.

- Montaje de celdas de la subestación, las cuales incluye celdas de seccionador en SF6, transferencia automática en 13.2KV y celdas de baja tensión.
- Montaje del sistema de blindobarrajes.
- Montaje de la planta de emergencia incluida la acometida entre esta y la transferencia automática en baja tensión.
- Adecuación y trabajos en la subestación existente.
- Acometida en 13.2KV desde la subestación en poste existente hasta la subestación proyectada.
- Suministro e instalación de luminarias

12.3. MONTAJE ELÉCTRICO EN LA NUEVA UNIDAD DEL “INSTITUTO NC & S DEL VALLE DEL CAUCA”

12.3.1. Malla a tierra. Esta especificación se refiere al transporte instalación del cable de puesta a tierra, barras de tierra, construcción de pozos de tierra, conexión a tierra de todos los equipos y estructuras, en general, la conformación del sistema de tierra, según los planos de detalles y la planimetría general.

Los trabajos de puesta a tierra deben realizarse con la herramienta adecuada y siguiendo lo establecido en el Artículo 250 del NEC. El contratista suministrará el cable de cobre desnudo, los conectores Cadweld (o similares), las varillas de tierra, etc.

Será de suministro del Contratista la herramienta y demás materiales necesarios que se indiquen en el cuadro de cantidades de obra, así mismo todo el material fungible y terminales de conexión a equipos.

La instalación del sistema de puesta a tierra incluye principalmente las siguientes actividades:

- Instalación de toda la red subterránea de conductores de puesta a tierra.

- Tendido del conductor # 250 MCM Cu aislado para sistemas de tierra aislada.
- Ejecución de las unidades de conductores de puesta a tierra por medio de conexiones soldadas del tipo exotérmico.
- Tendido del cable # 2 AWG Cu desnudo por ductos portacables.
- Instalación de elementos de sujeción a ductos con conectores GBC marca **TECNA**.
- Ejecución de salida a superficie en tubo conduit galvanizado, enterrado en bloque de concreto para la protección mecánica del conductor de sistema de puesta a tierra a la salida del suelo.

12.3.2. Tubería o Ductos. Los ductos de pared o piso serán pvc o pavco. Se instalará todos los elementos de ductos, canalizaciones, cajas de conexiones, cajas de acceso, uniones, acoplamientos, codos, curvas, grapas y soportes para los conductos de los sistemas de alumbrado, de fuerza, tal como lo requieren los planos de construcción, las listas de materiales y las especificaciones dispuestas por el estas especificaciones.

Los tubos no metálicos (PVC) deberán estar en capacidad de resistir la humedad y los ambientes químicos. Para su utilización fuera del suelo tendrán que ser retardantes a la llama, resistente al impacto, al aplastamiento durante su manipulación e instalación.

Foto 31. a) Tubería pvc sala de quirófanos.



Foto 31. b) Tubería pvc.



12.3.3. Cajas para Salida. Todas las cajas para salidas de lámparas, tomas de corriente, serán tipo **galvanizado extrapesado**.

Las salidas para lámparas se harán con cajas octagonales de 4 "x 4 "x 1 ½" de profundidad, a menos que se especifique lo contrario.

Las salidas para tomas dobles de corriente, tomas, interruptores sencillos y en general, todas las cajas a donde llegue un solo ducto se proveerán de una caja rectangular de 2" x 4" x 1 ½.

Las salidas a donde lleguen dos o más ductos tendrán cajas cuadradas de 4"x 4"x1 ½", provistas del suplemento correspondiente al tipo accesorio que se vaya a instalar.

En la instalación de cualquier caja solamente se abrirán aquellas perforaciones que vayan a ser realmente utilizadas.

Todas las cajas de salidas empotradas en columna, losas o muros, tendrán su tapa o su placa al mismo nivel de pañete.

A menos que se indique lo contrario, las cajas deberán ser colocadas en las siguientes alturas, medidas sobre el nivel de piso final hasta el centro de la caja:

- Interruptor de pared: 1,15 mt.
- Tomacorriente de pared: 0.30 mt.
- Luminarias de emergencia: 2.10 mt.
- Luminarias de señalización salidas: 2.20 mt.

Estas especificaciones son para áreas normales cumpliendo con las normas NTC 2050 Capitulo 1 al 4.

Foto 32. Caja pvc de 2"x4".



Foto 33. Caja pvc 4"x4".



Foto 34. Caja galvanizada 4"x4".



Foto 35. Caja FS de varias salidas.



Fuente: Rawelt [en línea]: Catalogo de materiales eléctricos y productos Rawelt. México: Rawelt, 2005. [Consultado 31 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: http://www.materialeselectricos1.com/geocities.com/wirefull_026/index.html

Foto 36. Caja FS de 4 salidas de $\frac{3}{4}$ ".



Fuente: Rawelt [en línea]: Catalogo de materiales eléctricos y productos Rawelt. México: Rawelt, 2005. [Consultado 31 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: http://www.materialeselectricos1.com/geocities.com/wirefull_026/index.html

Foto 37. Caja FD de 5 salidas de $\frac{3}{4}$ ".



Fuente: Rawelt [en línea]: Catalogo de materiales eléctricos y productos Rawelt. México: Rawelt, 2005. [Consultado 31 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: http://www.materialeselectricos1.com/geocities.com/wirefull_026/index.html

Para áreas especiales lugares de inhalación de gases anestésicos (quirófano, salas anestesia, etc.)

- Interruptor de pared: 1,15 mt.
- Tomacorriente de pared: 1.53 mt.

Foto 38. Disposición de tomacorriente consultorio.



Foto 39. Disposición de tomacorrientes sala de observación.



Foto 40. a) y 40. b) Disposición de cajas de salida para quirófano 1 en construcción.



Foto 40b.



Foto 41. Quirófano 1, terminado.



12.3.4. Tubería conduit metálica. La tubería conduit rígida metálica galvanizada debe ser de acero sin costuras, del calibre, normalizado más pesado y fabricado especialmente para uso eléctrico.

La tubería conduit metálica deberá presentar resistencia al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por el calor en las condiciones probables de servicio.

Foto 42. Tubería EMT de $\frac{3}{4}$ " y caja galvanizada 4"x4", sótano parqueadero.



Foto 43. Tubería EMT $\frac{3}{4}$ ", caja FS de 1 salida a $\frac{3}{4}$ " y tomacorriente normal con polo a tierra.

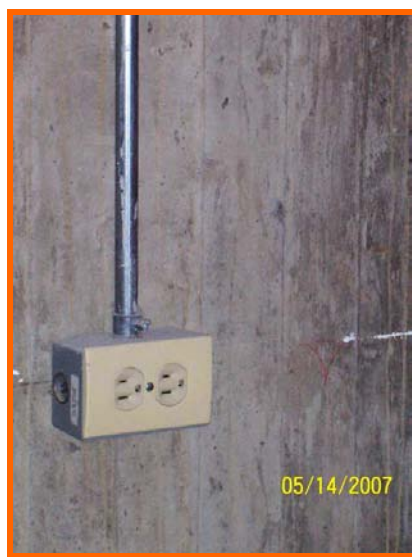


Foto 44. Tubería conduit galvanizada 1", cofre y tableros de UPS, cuarto piso.



12.3.5. Halado de los Cables en tubería conduit. Todos los conduits se limpiarán cuidadosamente y se aspirarán antes de llevar a cabo el tiro de cables o alambres. Se necesita de un lubricante apropiado para facilitar el tiro de los cables dentro del tubo conduit.

Cuando fuese necesario, los cables serán soportados adecuadamente por apoyos de acero galvanizado.

El porcentaje máximo de sección transversal de los ductos que se pueden llenar por cables, será el especificado en el Código Eléctrico Nacional en su última versión.

Normalmente se prefiere el tiro manual de los cables.

12.3.6. Instalación de los cables e ductos porta cables. Los elementos de los ductos no tendrán bordes afilados, proyecciones ni irregularidades de cualquier otro tipo, que puedan dañar los cables durante la instalación. Cuando fuese necesario, los ductos para el exterior serán galvanizados, y estarán

equipados con una tapa metálica debidamente asegurada y fácilmente removible.

Los ductos portacables y los ductos estarán soportadas con canal lisa, varilla roscada 3/8" y ancla multiusos, correctamente espaciados para evitar la flexión teniendo en cuenta el peso de los cables.

Los ductos portacables no se instalarán cerca de equipos o tuberías de alta temperatura.

Además, los ductos no obstruirán el acceso a las válvulas y a los equipos, ni su desmantelamiento. El arreglo de los cables en los ductos no impedirá la remoción o adición de líneas sencillas. Los cruces se evitarán en lo posible.

Solamente los cables de enclavamiento, telecomunicaciones e instrumentos podrán ser instalados en dos capas.

El tamaño de los ductos portacables debe incluir un espacio libre de 15-20% para adiciones futuras del cable. Los cables instalados en ductos horizontales serán asegurados con bandas o cintas de PVC fijadoras de cable.

Los cables de conductor sencillo se fijarán entre ellos cada 50cm. Con el fin de agruparlos conjuntamente con todos los conductores que pertenecen al mismo usuario.

Los cables instalados en ductos verticales se fijarán cada 50-60 cm, por medio de ganchos o grapas metálicas.

Los cables de las siguientes categorías se pueden instalar en la mismo ducto; utilizando separadores metálicos:

- Cables de potencia de baja tensión en corriente alterna o continúa.
- Cables para comando, señalización y medida normal.
- Cables para comando, señalización y medida especial (regulación de la excitación, termoresistencia, convertidores de medida).

Los cables en los ductos, deberán ir debidamente organizados (peinados) y amarrados cada 1.5 metros con amarres de nylon.

Las bandejas deberán permitir una continuidad en todos sus tramos y deberán ser conectadas a tierra en todo su recorrido, por un conductor de tierra en cobre desnudo con calibres de acuerdo con los planos de construcción y/o montaje; para tal efecto la bandeja deberá tener disponible en cada tramo por lo menos dos puntos de conexión a tierra.

Foto 45. Instalación de bandeja portacable salida tablero transferencia.



Foto 46. Instalación de bandeja llegada a blindobarraje.



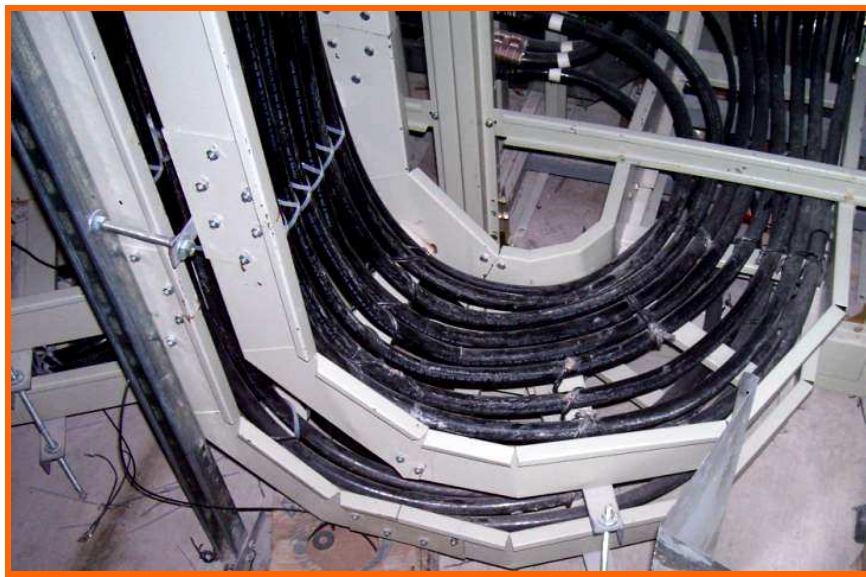
Foto 47. Peinado de Cable de fuerza por bandeja portacable.



Foto 48. Bajante de ducteria por buitrón.



Foto 49. Curva de bandeja portacable.



12.3.7. Conexión convencional de los cables. Los cables se conectarán al equipo por medio de prensacables.

Los cables no producirán un esfuerzo de tiraje sobre los prensacables. Con este fin el cable se fijará, donde sea necesario, por medio de un collar a una parte firmemente anclada al equipo donde se conecte el prensacable.

Para evitar que entre agua al equipo a través del prensacables éste se instalará en la parte inferior o en los lados de las cajas, nunca en la parte superior.

Donde fuese necesario, el prensacable se sellará con un compuesto no endurecedor que se le aplicará después de la conexión final del cable.

Figura 100. Prensacable.



Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 105.

12.3.8. Identificación de los cables. La terminación o el final de todos los cables de control y de potencia A.C. tendrán una indicación en letras o coloreada por medio de anillos. El color de cada indicación final será idéntica al color de la correspondiente barra colectora en el tablero de suministro de potencia.

12.3.9. Tensión de Servicio. La tensión de alumbrado será 120, 208 V, 60 HZ a partir de un sistema trifásico de 208 V con neutro.

La tensión de servicio será 208/120V, 60HZ, 3 fases, 4 hilos, e hilo de tierra independiente del neutro para el sistema de tomas.

El contratista de montaje eléctrico ejecuto las siguientes obras:

- Cablear y conectar las acometidas subgenerales, "Tablero general alumbrado - Tableros de distribución de alumbrado" a través de sistema de ductos enterrados y de las canalizaciones complementarias.
- Instalar los tableros de Distribución de Alumbrado y tomas.
- Instalar las canalizaciones complementarias a la vista para los circuitos de alumbrado y toma corrientes.
- Alambrar los circuitos de alumbrado y tomacorrientes.
- Instalar las luminarias y los aparatos terminales o de control.
- Efectuar las pruebas.

El contratista deberá coordinar sin interferencias estas instalaciones con las demás instalaciones, (eléctricas de fuerza y control, de señales, hidráulicas, etc.).

12.3.10. Blindobarrajes. El sistema de blindobarrajes será diseñado y construido para operar 208 volt y ser instalado en el INSTITUTO PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS DEL VALLE DEL CAUCA., básicamente un blindobarraje alimentara las cargas conectadas al sistema de emergencia (Tableros de tomas, alumbrado y áreas de cirugía) y el otro blindobarraje alimentara las cargas de equipos de aire acondicionado.

El contratista verifico en campo y en planos el recorrido propuesto por PROING S.A. e incluir en el sistema los siguientes puntos:

- Caja de terminales para los cables que conectan las blindobarrajes y el interruptor de la Subestación.
- Soportaría para el recorrido horizontal y vertical incluyendo soportes para montaje o a la placa del techo tipo columpio, los soportes a la pared del buitrón para el barraje vertical con sus respectivos resortes, grapas para observar dilataciones, tuercas y tornillos de nivelación.
- Los blindobarrajes deberán tener en cada tramo juntas enchufables en los extremos para dar continuidad eléctrica, deben además permitir un ajuste longitudinal de $\pm \frac{1}{2}$ " por tramo.

- Todos los tramos horizontales y verticales deben tener salidas para permitir conectar los interruptores indicados en los planos y reservas para modificaciones futuras.
- Los interruptores enchufables al blindobarra deberán estar previstos con su respectiva caja de seguridad.
- El blindobarraje deberá poseer un sistema para la trayectoria de tierra con baja impedancia de acuerdo al Standard NEC-250-94.
- El proponente antes de presentar la cotización deberá visitar la obra para que en el terreno tome las dimensiones exactas de los tramos y ángulos que requiera de acuerdo a la marca que ofrece.
- **Especificaciones del blindobarraje.** El blindobarraje será diseñado para trabajar a temperatura ambiente de 40 grados centígrados y poder soportar elevación de temperatura de 55 grados centígrados será de 3 fases y neutro con aislamiento a 600 voltios para funcionar a 60 Hz y 208 Volt.

El blindobarra metálico será conductor de tierra y dispondrá de tornillos de conexión de los cables a la malla de tierra y a los circuitos de derivación.

El aislante será epóxico de clase B-130 grados centígrados de larga duración.

El material conductor será cobre electrolítico de 99 % de conductividad, los tramos, ángulos y OFF SET dispondrán en sus extremos de juntas para acoplar uno con otro. Estas juntas deben ser completamente blindadas, seguras y no permitir calentamiento en los puntos de contacto.

Se deberá proveer de enchufes para conectar los interruptores de los circuitos de derivación hacia los tableros.

El nivel mínimo de corriente de cortocircuito requerido en el blindobarra será de; 60 KA a 208 Volt.

Las dimensiones de las barras de cobre serán como mínimo de:

CORRIENTE	DIMENSIONES
1200 A y 800 A	2.25" x 0.25"

Los interruptores deberán suministrarse en caja metálica de seguridad con aditamentos para enchufar al blindobarra.

La lámina de las cajas será calibre 16 mínimo tratada contra oxidación y corrosión acabado en color gris.

Las salidas estarán ubicadas en los tramos rectos cada 24" estando la primera a 12" del extremo.

Las blindobarras serán tipo interior con grado de protección IP40 (INDR).

Foto 50. Elemento Terminal de conexión de blindobarraje.



Foto 51. Disposición vertical en buitrón del blindobarraje.



Foto 52. Elemento Terminal de conexión del blindobarraje.



Foto 53. Cajas de salida de blindobarraje para alimentación a tableros.



Foto 54. Disposición horizontal Blindobarraje sótano terminado.



12.3.11. Identificación Cableado. La identificación de los conductores individuales DE POTENCIA se hará por medio de cintas de colores de buena calidad de la siguiente forma:

Tierra:	Color verde o cable desnudo para tierra en sistema de fuerza.
Neutro:	Color blanco.
Fase A:	Color amarillo.
Fase B:	Color azul.
Fase C:	Color rojo.

En circuitos de alumbrado y tomas se utilizaran el siguiente código de colores:

Tierra:	Color verde.
Neutro:	Color blanco.
Fase A:	Color Negro.
Fase B:	Color azul.
Fase C:	Color rojo.
Retornos:	Color Amarillo.

12.3.12. Terminales de Media Tensión – 13.2 kV. Los terminales para cable de potencia de media tensión, deberán ser hechos en conjuntos especiales diseñados para este fin, que permitan la mayor seguridad, confiabilidad en el funcionamiento y larga vida, sin requerir ningún mantenimiento.

Los terminales podrán ser tipo termo-retráctil o del tipo pre-ensanchados para uso en interiores o exterior según sea el caso.

Los conjuntos para terminales deberán estar conformados por los siguientes elementos, dependiendo del tipo de terminal.

Un tubo, termo-retráctil o pre-ensanchado, controlador de esfuerzos eléctricos el cual aliviara el gradiente de potencial que se crea al final de la **ca** semiconductora.

Un tubo termo-retráctil de cubierta exterior, con capacidad de autolimpieza, para protección del terminal y prevención de caminos conductivos en su superficie.

Accesorios para la conexión a tierra de la pantalla del cable, donde sea necesario.

Campanas para incrementar la distancia de fuga y romper caminos conductivos producidos por flujo de líquido sobre el terminal, con características termo-retractiles, en aquellos casos de instalaciones a la intemperie. Cinta de sello de silicona. Terminales de conexión, tipo espigo, ojo o paleta.

Los terminales para cable de potencia deberán cumplir con lo especificado en la norma IEEE 48.

Foto 55. Disposición de terminales transformador de 500KVA



Foto 56. Terminal premoldeado cal. 500 MCM Transformador 500KVA.



Foto 57. Disposición de terminales transformador de 500KVA.



12.3.13. Celdas de Media Tensión. Esta sección tiene por objeto definir los requisitos para el diseño, fabricación, suministro, pruebas en fábrica, transporte, almacenamiento, montaje, pruebas en sitio y puesta en operación de las celdas para media tensión, junto con sus accesorios que serán instalados en la subestación.

El alcance del suministro comprende:

- Una celda de seccionador en SF6 a 13.2 KV con fusibles. Las celdas descritas en esta especificación se usarán en sistemas a 13.2 kV trifásico, tres hilos, 60 Hz. Las celdas incluyendo seccionadores, equipos de medida, relés etc., se deberán probar en fábrica, y entregar los protocolos de las respectivas pruebas previamente al despacho al sitio de instalación.

Los aisladores, soportes, partes principales portadoras de corriente, estructura metálica y carcasa deberán tener capacidad mecánica para soportar, sin daño de ninguna clase, los efectos resultantes de fallas instantáneas por cortocircuitos trifásicos, línea a línea, o línea a tierra. La capacidad de cortocircuito deberá ser del nivel que se indica en los planos y especificaciones correspondientes.

El equipo que será suministrado, deberá ser nuevo y constar esencialmente de un diseño normalizado, de primera calidad, y última tecnología, el cual cumpla los requerimientos de esta especificación.

El equipo deberá cumplir en general con los requerimientos dados para celdas blindadas en la norma ANSI C3720 ó la última revisión del Standard IEC aplicable.

Foto 58. Celda de Media tensión.



Voltaje y corriente nominal.

- Las celdas serán apropiadas para sistemas de operación trifásica a 13.2 KV, y 60 Hz.
- El voltaje nominal será 13.2 KV.
- La corriente de corta duración admisible será 6 KA - 1 Seg.
- La corriente nominal será de 36 A.
- Nivel básico de aislamiento (BIL) será de 170 KV

Todos los equipos serán capaces de resistir las condiciones arriba indicadas sin provocar daño, de acuerdo con los parágrafos 4.5, 4.6 y 4.7 de la norma IEC 694 y parágrafo 4.5 de la norma IEC 298.

Cada celda de un tablero deberá tener los medios apropiados de izamiento para permitir su manejo en el sitio y para efectos de transporte cada celda o conjunto de celdas acopladas para transporte a criterio y responsabilidad del proveedor favorecido, deberán estar adecuadamente enhuacalada y sobre estiba resistente que permita su manipulación por montacargas.

La lámina de acero será pintada para proveer protección contra la corrosión. La pintura de base epóxica tendrá un espesor de al menos 50 micras y se aplicará a ambos lados de la lámina. El color corresponderá al RAL-7032. Las celdas reunirán los requerimientos de grado de protección IP30 conforme a las indicaciones de la norma IEC -529.

Cada celda llevará una placa de identificación en acrílico con letras apropiadamente dimensionadas, indicando las funciones y características eléctricas de la celda. Los equipos y la celda modular serán diseñados de tal forma que las posiciones de los dispositivos del equipo sean visibles por el operador desde el frente de la celda.

El fabricante proveerá un diseño de instalación para servir como guía en la obra civil. De acuerdo con estándares aplicables, las celdas deberán ser diseñadas para prevenir el acceso a todas las partes energizadas tanto en operación como durante trabajos de mantenimiento.

Las celdas serán diseñadas bajo los siguientes criterios de tipo mecánico:

- Que soporten los esfuerzos que se puedan presentar, es decir que tenga una alta estabilidad.
- Que den seguridad al operario, impidiendo el acercamiento a partes vivas en operación o mantenimiento.
- Que sean autosoportadas.

Se deberán dejar medios para que la entrada de los cables de potencia y control sea desde abajo. Para los cables de control se deberán suministrar ductos plásticos en las celdas que permitan su fijación.

Las celdas blindadas deberán estar físicamente independientes. Cada celda deberá tener las dimensiones máximas mostradas en los planos.

Las dimensiones de los gabinetes deberán ser las adecuadas para contener el equipo, más un espacio suficiente para la entrada de cables, para el alambrado a las borneras y para proveer un fácil acceso para la inspección y mantenimiento.

Todas las celdas se deberán suministrar con los canales necesarios para las fundaciones, con los pernos de anclaje, con las tapas con pernos o bisagras en la parte posterior y con los paneles frontales con bisagras para el montaje de los instrumentos, de los conmutables de control y de los relés.

El sistema de bisagras, deberá permitir su cierre y labores de instalación, inspección y mantenimiento con facilidad. Deberán además tener la resistencia y consistencia necesaria para evitar que las puertas presenten durante su vida útil, descolgamientos que puedan impedir la operación normal.

Las puertas deberán suministrarse con sus respectivas manijas, cerraduras y llaves. Se deberán proveer con guías o cadenas de retención para limitar su rotación y evitar averías. Las bisagras deben permitir que la puerta rote como mínimo 120° a partir de la posición cerrada.

El acabado de las bisagras y manijas deberán efectuarse con un tratamiento igual o similar al niquelado. Las bornas de puesta a tierra de cada una de las celdas que componen la subestación de distribución serán interconectadas a un juego de barras, las cuales serán conectables y extendidas a todo lo ancho de la respectiva celda. La sección transversal de los barrajes serán determinadas para resistir la corriente de cortocircuito de acuerdo con la recomendaciones IEC 298. La borna de puesta a tierra será diseñada para conectarla a la barra de tierra principal de la subestación sin desmontar ninguna de las barras.

Se deberá suministrar un barraje de puesta a tierra que recorra la longitud completa de las celdas con derivaciones a los contactos de puesta a tierra de los interruptores y a los terminales de puesta a tierra en el compartimiento de cada cable.

El barraje de puesta a tierra y los puntos de conexión a tierra, deberán ser capaces de soportar la corriente de cortocircuito nominal de los interruptores, durante dos segundos. El barraje de puesta a tierra se deberá suministrar con lengüetas y conectores terminales para conexión a la malla a tierra.

Se deberá dejar suficiente espacio para la instalación de los terminales de los cables incluyendo los conos de alivio. Se deberán dejar medios disponibles para conectar kits terminales de los cables. Los terminales de los cables serán tipo pala con barril largo del tipo compresión con ponchadora. Los cables entraran a las celdas por la parte inferior, o superior según la necesidad específica.

Las conexiones por cables de MT serán diseñados para aceptar terminales simplificados para cables tipo seco. El compartimiento será capaz de resistir pruebas de arco interno. Las celdas deberán disponer de una adecuada iluminación que permita realizar labores de inspección, mantenimiento o reparación. La iluminación deberá ser diseñada para operar a 120 V c.a. y se deberá instalar un interruptor tipo fin de carrera para que la lámpara se encienda al abrir la puerta.

Foto 59 Celda de Protección.



Foto 60. Armado de Celda de Protección.



12.3.14. Transformador de Potencia. Celda. La celda deberá diseñarse para alojar un transformador tipo seco de 500 kVA 13.2 KV / 220-127V fabricada con laminas y perfiles de acero con calibres indicados en el ítem 2.3.2.1 con puerta y tapas exteriores conformando un gabinete rigidamente auto soportado.

Contará con un sistema de iluminación operado por pulsador desde el exterior y por interruptor de posición al abrir la puerta; se debe incluir además un minibreaker monopolar como protección del circuito.

La celda deberá contar con mallas de ventilación, así mismo, las dimensiones serán acordes con los requerimientos de refrigeración del transformador.

La celda deberá disponer de los soportes necesarios para la sujeción del cable de media tensión, con el fin de evitar esfuerzos sobre los terminales de alta tensión del transformador.

La celda deberá ser del tipo modular para su ensamble en sitio, con el fin de permitir el ingreso y/o retiro del transformador.

La celda deberá poseer visores de vidrio para permitir la inspección de los equipos.

Foto 61. Celda de transformador de 500KVA.



Foto 62. Compartimiento abierto de la celda del transformador de 500KVA.



❖ **Transformador.** Estas especificaciones describen los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, suministro, montaje, pruebas de campo y puesta en servicio de un transformador de potencia de 500 kVA.

La subestación contará con un transformador trifásico tipo seco con bobinas encapsuladas en resina y refrigeración natural completo con todos sus accesorios aquí descritos.

Foto 63. Transformador tipo seco de 500KVA.



12.3.15. Barrajes. Los barrajes serán de cobre. Los barrajes tendrán un rating no menor al interruptor que tenga la mayor capacidad de corto circuito. Los barrajes serán contruidos para soportar las corrientes de fallas no menores al rating de cierre y apertura del interruptor. El barraje deberá soportar la corriente de corto circuito plena durante 10 ciclos sin daño envejecimiento o fundición. Todas las uniones de los barrajes de cobre deberán ser plateadas y usarán arandelas tipo belleville. El valor de la capacidad de corriente de corto circuito de los barrajes horizontales principales serán los mostrados en los diagramas unifilares. Las conexiones de los barrajes a los interruptores deberán cumplir con el rating del interruptor. Los barrajes serán marcados A, B, C, de izquierda a derecha, de frente hacia atrás y de arriba hacia abajo, desde el frente del tablero.

Un barraje de Neutro, de cobre, deberá ser provisto para la longitud total del tablero con una capacidad de al menos el 50% de la capacidad nominal del barraje principal.

La celda dispondrá de un barraje de tierra, de cobre, y deberá ser provisto para la longitud total del tablero con una capacidad de al menos el 25% de la

capacidad nominal del barraje principal, pero no menor de ¼ x 2 pulgadas de tamaño. El barraje de tierra deberá proveerse con terminales de compresión en cada extremo para conectar el cable de puesta a tierra de la instalación. El barraje de tierra deberá conectar todas las partes metálicas no conductoras y el cerramiento.

Foto 64. Barraje de conexión de celda de media tensión.



12.3.16. Tomacorrientes. Se usarán tomacorrientes de las siguientes características. Tomacorrientes dobles para 125V, 15A provistos de tapas integradas, con polo de tierra, configuración nema 5-15R, iguales o similares a la marca LEVITON en color crema. Estas unidades están destinadas a las salidas de Servicio Normal.

Tomacorrientes dobles del tipo tierra aislada, 125V, 15A, provistos de tapas integradas con 1 polo para tierra, en configuración nema 5-15R, iguales o

similares a la marca LEVITON, en color naranja. Estas unidades están destinadas a las salidas de Servicio Regulado.

Tomacorrientes dobles, 125V, 15A, del tipo GFCI provistos de tapas integradas con 1 polo para tierra, en configuración nema 5-15R, iguales o similares a la marca LEVITON, en color crema. Estas unidades están destinadas a las salidas en Áreas Húmedas.

Tomacorrientes trifilares y trifásicos serán de tipo industrial para trabajo pesado, en bakelita con tapa metálica. Los huecos para enclavijar serán rectangulares con una capacidad de 20A para tomas trifilares y 63A para tomas trifásicos a una tensión de 208 V. Tendrán terminales de tornillos apropiados para recibir alambre sólido de cobre calibre AWG # 6, # 8, # 10 y # 12.

Foto 65. Disposición de tomacorrientes normales, regulados y voz datos. Atención al cliente.



Foto 66. Tomacorriente doble grado hospitalario con tierra aislada.



Foto 67. Tomacorriente doble regulado grado hospitalario con tierra aislada.



Foto 68. Tomacorriente doble regulado grado hospitalario en unidad móvil de sala de cirugía.



12.3.17. Interruptores. Los aparatos en locales similares entre sí deberán tener el mismo color. Todos los aparatos de interrupción deberán tener una placa de cubierta rectangular fijada con tornillos del color crema, iguales o similares a las presentaciones de la marca LEVITON.

Sus características eléctricas serán 125V, 15A. Todos los interruptores eléctricos que operen circuitos deberán tener una capacidad tal que no haya riesgo de que los contactos se suelden entre sí, además deberán ser fabricados de modo tal que el arco que se presenta durante la apertura no pueda alcanzar las manijas operadoras. Los interruptores deberán abrir y cerrar la corriente máxima que ocurran bajo operación normal.

Foto 69. a) y 69. b) Montaje de interruptor. Leviton.



Foto 69 b)



12.3.18. Tableros para alumbrado y tomas. Las cajas de los tableros se construirán en lámina de acero calibre # 18, las puertas en lámina de acero calibre # 16, provistas de bisagra, porta índice y cerradura con llave maestra. A las láminas de acero se les aplicará una base de pintura anticorrosivo y se terminarán en esmalte gris horneable con dureza no inferior a 3H.

La capacidad de cada tablero será la indicada en los planos. El número de interruptores y su capacidad están indicados en el diagrama unifilar de cada tipo de tablero. Todos los interruptores deberán tener plaquetas de identificación de los circuitos que controlan.

Todos los tableros dispuestos para tomas generales contarán con 3 fases, 1 neutro aislado y 1 barra no aislada de puesta a tierra.

En particular, los tableros para tomacorrientes regulados contarán con 3 fases, 1 neutro aislado, 1 barra no aislada de protección y 1 barra aislada de puesta a tierra.

Los interruptores termomagnéticos gobernados a distancia, se alojarán en cajas metálicas construidas en el mismo material de las cajas anteriores, pero la disposición de sus barrajes estará orientada a alimentar unidades tripolares de montaje sobre riel simétrico.

Foto 70a) y 70b). Tableros de distribución de alumbrado y tomas, ubicados en el cuarto eléctrico.



Foto 70 b)



12.3.19. Interruptores termomagnéticos para circuitos de alumbrado y tomas generales a 208/120V. Para los tableros de distribución de alumbrado y tomas, los interruptores automáticos serán de tipo magnético para protección de sobrecargas y cortocircuitos, de cierre y apertura rápida con indicación de disparo. La conexión a las barras será de tipo enchufable. El amperaje, el número de los polos en cada caso en particular está indicado en los planos de construcción y montaje. La capacidad interruptiva mínima será de 10 KA.

Los interruptores para los circuitos parciales serán individuales e intercambiables. En los tableros de alumbrado serán monopolares, bipolares o tripolares. Los bipolares y los tripolares serán fabricados de unión interna para evitar el funcionamiento monofásico.

Foto 71. Tablero con breaker monopolares circuitos de tomas.



12.3.20. Planta de Emergencia. Esta especificación junto con las Hojas de Datos Técnicos cubren los requisitos que debe cumplir el grupo motor-generator para instalarse en el medio ambiente que se describe en las Hojas de Datos técnicos.

Cualquier discrepancia entre los requisitos de estas especificaciones, las Hojas de Datos Técnicos y las Normas aplicables, deberá aclararse con el comprador antes de proceder a la fabricación de las partes afectadas.

❖ **Normas de las plantas de Emergencia.** Los equipos, materiales, diseños y pruebas se apegarán a lo mencionado en las últimas ediciones y revisiones de las Normas y Reglamentos que a continuación se indican:

ICONTEC 2050

EGSMA Electrical Generating Systems Marketing Association

ANSI American National Standard Institute

NEMA National Electrical Manufacturers Association

IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers

IEC International Electrotechnical Commission

Cuando el proveedor del equipo no utilice las Normas y Reglamentos antes mencionados, deberá probar que sus códigos y normas son iguales ó superiores a las mencionadas.

Foto 72a) y 72 b.) Cabina insonora de planta de emergencia en el sótano.



Foto 73. Planta de emergencia.



12.3.21. Sistema Ininterrumpidos de Potencia (UPS)

- **UPS para sistema de tomacorrientes regulados en pisos**

Capacidades	11 KVA/ 8 KW Y 8 KVA/ 6 KW
Onda	Seno
Tecnología	True on Line doble conversión
Entrada	Bifásica
Salida	Bifásica

Autonomía 28 / 45 / 120 minutos a plena carga, transformador de aislamiento
panel de Cristal Liquido LCD. Garantía: 24 meses UPS, 12 meses Baterías

- **UPS para sistema de tomacorrientes de salas de cirugía**

Capacidades	5 KVA
Onda	Seno

Tecnología True on Line doble conversión
Entrada Bifásica
Salida Bifásica
Con Transformador de Aislamiento y Diseño en torre.

- **Especificaciones Técnicas**

Salida:

Capacidad de potencia salida : 5.000 VA
Capacidad de potencia salida : 2.100 Vatios
Máxima potencia configurable : 5.000 VA
Máxima potencia configurable : 2.100 Vatios
Tensión de salida nominal: 120 V – 208 V
Conexiones de salida : (8) NEMA 5-20R
(1) NEMA L14-30R
(4) NEMA L6 – 20R
(2) NEMA L6 – 30 R

Entrada:

Voltaje de entrada : 208 V
Frecuencia de entrada: 50 / 60 Htz +/- 5 Htz
Tipo de enchufe : NEMA L6 – 30P
Longitud de cable : 10 Pies
Variación de tensión de entrada
Para operaciones principales : 160 V – 208 V
Variación de tensión de entrada adaptable
para operaciones principales : 100 V – 208 V

Se deben considerar las marcas APC, BEST, POWERWARE, las cuales son reconocidas y poseen certificación UL e ISO 9000.

Foto 74. UPS 5KVA para tomacorrientes regulados en sala de cirugía.



Foto 75. UPS 11KVA para tomacorrientes regulados en áreas generales



Foto 76. Tableros regulados, UPS y transformador de aislamiento.



12.3.22. Luminarias tipo interior. Se deben utilizar lámparas de la marca Iluminaciones Técnicas. Estas lámparas deben cumplir las siguientes características:

- **Luminaria CFEE 1*8/1X1T83241-E1 sobreponer.** Luminaria fluorescente para sobreponer tipo económica, tubos a la vista. Chasis fabricado en lamina de acero cold rolled calibre 24 tratada en cinco (5) etapas de pretermotratamiento, garantizando una óptima adherencia de la pintura y una alta resistencia contra la oxidación, acabado final en pintura poliestérica de aplicación electrostática, de alta reflectancia y protección contra los rayos UV.

Un balasto ELECTRÓNICO, marca ILTEC (antes LG) encendido PROGRAMED START, garantía cinco (5) años, referencia IT232I120EN, armónicos menores al 10% (THD<10%), factor de potencia mayor al 0.998, 0.59 amperios, clasificación sonora A+ (26db), voltaje de operación 118V, 60Hz. Dos tubo TRIFOSFORO marca GENERAL ELECTRIC, tipo T832W, referencia F32T8/SP41, lúmenes iniciales 2.850, lúmenes mantenidos 2.710, por tubo, vida útil 24.000 horas, socket BJB de seguridad.

- **Luminaria CFEE 1*4/1T83241-E1 sobreponer.** Luminaria fluorescente para sobreponer tipo económica, tubos a la vista. Chasis fabricado en lamina de acero cold rolled calibre 24 tratada en cinco (5) etapas de pretermotratamiento, garantizando una óptima adherencia de la pintura y una alta resistencia contra la oxidación, acabado final en pintura poliestérica de aplicación electrostática, de alta reflectancia y protección contra los rayos UV.

Un balasto ELECTRÓNICO, marca ILTEC (antes LG) encendido PROGRAMED START, garantía cinco (5) años, referencia IT232I120EN, armónicos menores al 10% (THD<10%), factor de potencia mayor al 0.998, 0.28 amperios, clasificación sonora A+ (26db), voltaje de operación 118V, 60Hz. Un tubo TRIFOSFORO marca GENERAL ELECTRIC, tipo T832W, referencia F32T8/SP41, lúmenes iniciales 2.850, lúmenes mantenidos 2.710, por tubo, vida útil 24.000 horas, socket BJB de seguridad

- **Luminaria de Emergencia – Salida Sobreponer.** Luminaria SALIDA con sistema LED muy bajo consumo de energía, chasis en policarbonato resistente al impacto, pantalla brillante, indicador de dirección, indicador de corriente, interruptor de monitoreo, batería de emergencia en operación de dos (2) horas, garantía tres (3) años.

- **Luminaria para Emergencia IT90E aplique.** Luminaria de emergencia con Chasis moldeado e inyectado en termoplástico ABS, Con sistema pulsador para verificación de la carga, tensiones de operación 120/277 v 60 HZ, Certificación UL 94V-0 Contra altas temperaturas, 90 minutos de operación, provista de dos focos direccionales de alta eficiencia, cada uno compuesto por un bombillo halógeno de 6 w, Indicador de carga LED AC-On, Batería de Plomo- Cadmio, libre de mantenimiento.

Foto 77. Espacio en cielo falso para luminaria de sobreponer



Foto 78. Luminaria de sobreponer instalada en cielo falso.



Foto 79. a) Espacio en cielo falso para luminaria de sobreponer pasillo de consultorios.



Foto 79 b). Luminaria de sobre instalada en pasillo de consultorios.



Foto 80. Luminaria de emergencia.



Foto 81a). Espacio en cielo falso para luminaria de tipo bala.



Foto 81. b) Luminaria de tipo bala instalada en cielo falso.



Foto 82. Buena iluminación para sala de cuidados intensivos.



12.3.23. Red de Cableado Estructurado. Toda la red de cableado estructurado de cada piso ira al cuarto eléctrico del piso correspondiente a excepción del piso cuarto que ira al cuarto del tercer piso.

- **Sistema de cableado estructurado AMP NETCONNECT.** Un sistema de cableado estructurado es la infraestructura de cable destinada a transportar, a lo largo y ancho de un edificio, las señales que emite un emisor de algún tipo de señal hasta el correspondiente receptor. Un sistema de cableado estructurado es físicamente una red de cable única y completa.

Este sistema debe tener una buena instalación, administración y buen uso debido a su complejidad, debido a que se logra mayor integridad en la señal, mayor confiabilidad y menos dolores de cabeza de tipo administrativo; y como todos los sistemas, le ofrece un sistema basado en desempeño, en vez de uno atado a aplicaciones específicas.

Especificaciones de Sistema de Cableado Estructurado:

- Debe cumplir todas las especificaciones técnicas exigidas por Estándares de Cableado Estructurado Norma TIA/EIA
- Independiente de las aplicaciones debe ser totalmente compatible con las normas (CENELEC, EIA/TIA e ISO/IEC)
- Debe soportar todos los tipos disponibles de medio (UTP, Fibra Óptica, cable entre otros) y de opciones de interconexión
- Las prácticas de cableado se deben tomar precauciones en el manejo de los cables para prevenir una tensión exagerada. Conexiones cruzadas e interconexiones. La norma EIA/TIA 568A hace las siguientes recomendaciones: Los cableados horizontal y vertebral deben estar terminados en hardware de conexión que cumpla los requerimientos de la norma EIA/TIA 568A.
- Todas las conexiones entre los cables horizontal y vertebral deben ser conexiones cruzadas. Los cables de equipo que consolidan varios puertos en un solo conector deben terminarse en hardware de conexión dedicado. Los cables de equipo que extienden un solo puerto deben ser terminados permanentemente o interconectados directamente a las terminaciones del horizontal o del vertebral. Las interconexiones directas reducen el número de conexiones requeridas para configurar un enlace y esto puede reducir la flexibilidad.

El sistema de cableado deberá ser categoría 6 está compuesto por cuatro componentes de altas prestaciones:

- Cable categoría 6, diseñado específicamente para sobrepasar las especificaciones del nuevo estándar; ofrece baja atenuación y una prestación excepcional a la hora de instalarlo.
- Racks y patch panels categoría 6, el hardware de interconexión está diseñado para proporcionar performance categoría 6, mejorando la densidad de los productos modulares Netconnect existentes. Los jacks categoría 6 son compatibles con todas las rosetas y accesorios de la línea SL y 110Connect. Y tanto los patch panels como los jacks categoría 6 tienen codificación por colores para esquemas de cableado T568A o T568B.
- Patch cords categoría 6, diseñados para continuar las prestaciones del sistema en todo el canal sin sacrificar la densidad del panel o del switch. Los conectores macho modulares categoría 6 están dimensionados para asegurar la fácil conexión a los hubs y switches que utilizan interfaces hembra apiladas

Foto 83. Punto de voz y datos, conexión computadores.



Foto 84. Punto de voz y datos, tomacorriente regulado y tomacorriente normal en consultorio.



Foto 85. Espacio para punto de red.



Foto 86. Distribución de tomas en sala de cirugía. Instituto NC & S. Cali



12.3.24. Sistema contra incendios y salidas de emergencia.

Foto 87. Interruptor de encendido del sistema de alarma contra incendio.



Foto 88. Lámpara rutilante y sonora. Instituto NC & S. Cali



Figura 101. Señalización de salida de emergencia.

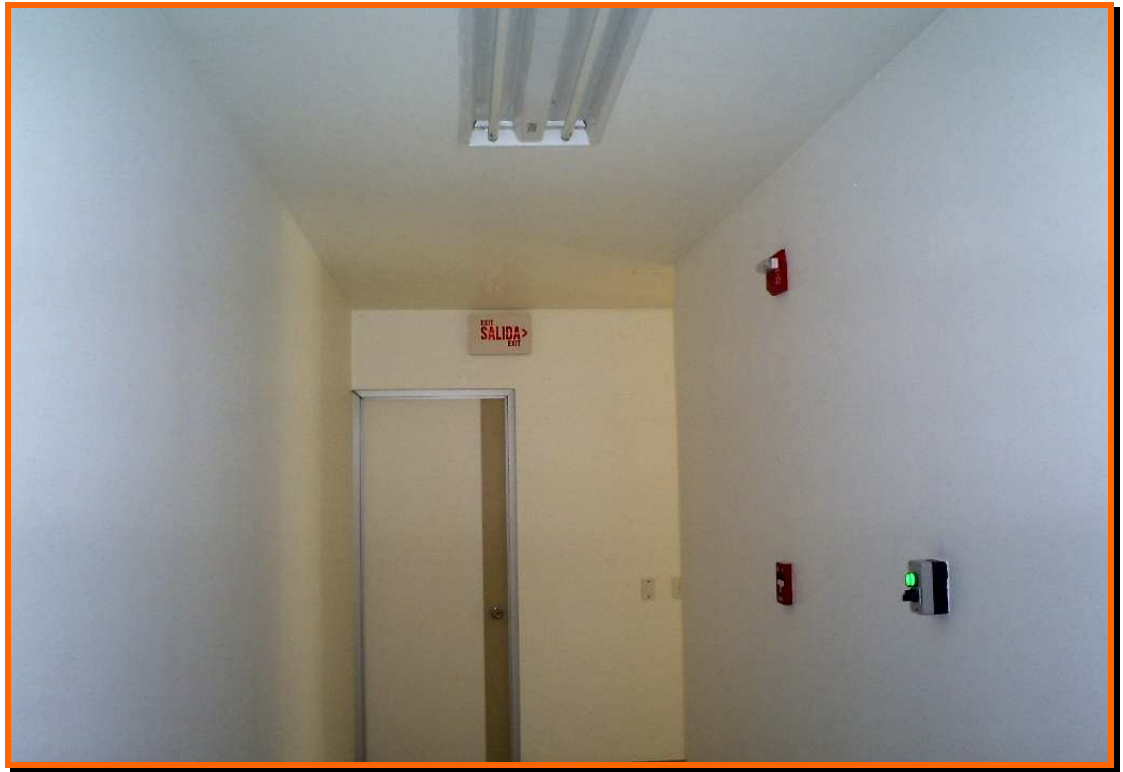


Fuente: SQUARE D. Schneider Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed.
México: SQUARE D. Schneider Electric, 2005. p. 143.

Foto 89. a) y 89. b) Salida de Emergencia.



Foto 89. b)



12.3.25. Fotos de los Sectores Especiales

Foto 90. a) y 90. b) Sala de quirófano con equipos especiales.



Foto 90. b) Sala de quirófano con equipos especiales.



Foto 91. a) y 91.b) Sala de Observación.



13. RECURSOS

13.1. RECURSOS HUMANOS

DESCRIPCIÓN	DISPONIBILIDAD
Carolina Losada Lenis / Nelson A. Leal	18horas/semana x 16semanas
Ing. Carlos Alberto Borrero (Director Proyecto)	1horas/semana x 12 semanas
Ing. Francisco Gómez / Ing. Jaime Ordóñez (asesor del proyecto)	1horas/semana x 12 semanas

Se realizará con financiación propia: Esto implica que los costos del proyecto serán cubiertos 100% por los proponentes gracias al patrocinio por parte de la empresa PROING S.A. que nos acoge como pasantes, proporcionando información técnica del proyecto de la Nueva Unidad Médica del Instituto Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca; logrando una visión mas adecuado del montaje de este tipo de instalación.

14. CONCLUSIONES

Este manual se enfoca de manera especial dentro del tema “Seguridad eléctrica, para instalaciones hospitalarias”. El objeto es describir de manera didáctica cómo debe realizarse una instalación eléctrica hospitalaria con el fin de minimizar los riesgos de electrocución y garantizando al mismo tiempo la continuidad del servicio en las distintas áreas de las instituciones médicas, de acuerdo a su uso y requerimientos específicos.

Para esto se observan las normas, reglamentaciones preexistentes como son el RETIE, NTC2050 y su aplicación práctica. Es importante comprender los efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano, cuando los valores se tornan peligrosos y cuáles circunstancias deben tenerse en cuenta en el ámbito hospitalario motivo por el cual se establecen normas para prevenir accidente, daños a pacientes y personas que laboran o visitan las instalaciones médicas.

Se estudian los efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano como es una posible electrocución (sea por macroshock o microshock) dando un mayor énfasis en la protección para evitar riesgos de microshock; esto debido a que puede producir la muerte del paciente sin dejar daños fácilmente visibles en el cuerpo por lo que el personal (médicos o enfermeras) ve que el paciente se muere pero ignora la causa o la atribuye a la evolución del cuadro clínico.

Se consideran los siguientes elementos: puesta a tierra y equipotencialidad, sistemas aislados de tierra, transformadores de aislamiento y monitores de aislamiento (de resistencia y de impedancia). De igual forma garantizar la continuidad del servicio ante fallas del suministro se requieren, además, alimentaciones auxiliares, transferencia de alimentaciones y consideraciones sobre vulnerabilidad del sistema.

El sistema debe tener capacidad de conmutación automática con retardo de desconexión y anticipo de conexión de neutro, dado que la ausencia transitoria de neutro puede producir tensiones indeseadas en las líneas, con el consiguiente peligro para las personas y las instalaciones, afectando

particularmente a las UPS On Line, produciéndole entre otros efectos, pérdida de sincronismo. Además de la alimentación principal descrita, se debe poseer una planta de emergencia de capacidad adecuado al proyecto. Se debe evaluar correctamente la protección del hospital contra descargas atmosféricas, donde independientemente de otras consideraciones no menos importantes se debe asegurar la equipotencialización en todos los aspectos.

Adicionalmente, se tienen en cuenta las perturbaciones producidas por campos eléctricos y magnéticos a frecuencia de red y por los impulsos electromagnéticos.

Si bien a esta altura de los tiempos ya estamos muy familiarizados con el uso de la energía eléctrica y tenemos conciencia aunque sea mínima de los peligros que implica el uso de aparatos eléctricos, todavía es muy frecuente observar instalaciones eléctricas defectuosas, mal diseñadas, mal ejecutadas, sin puesta a tierra ni equipotencialización y con protecciones inadecuadas. El cliente cree que la instalación eléctrica del hospital esta en optimas condiciones porque a la fecha no ha presentado problemas.

Se ha tratado de hacer conciencia de la importancia del diseño, de obtener los mejores materiales, de la ejecución, uso y mantenimiento de la infraestructura eléctrica hospitalarias y la correcta aplicación de las normas y reglamentaciones que muestran como deben realizarse las instalaciones según su destino y uso de manera consecuente para que no se pierda la continuidad del servicio perjudicando a los pacientes.

Es importante también concientizar al cliente de nuevos proyectos para adecuar instalaciones eléctricas existentes para que cumplan con los requisitos de seguridad eléctrica y continuidad de servicio evitando violaciones a las normas, utilizando materiales de óptima calidad y buen mantenimiento así sean costos pero nada compensa el valor de una vida y además se protegen los equipos médicos especiales.

En este trabajo se mostró, por lo tanto, la importancia que tienen las instalaciones eléctricas hospitalarias y las distintas consideraciones que deben tenerse en cuenta a la hora de proyectar instalaciones nuevas o remodelaciones para adecuarlas a un uso correcto con la seguridad eléctrica que merecen los pacientes, donde ingenieros y técnicos de todas la áreas podrán tomar como base para sus proyectos eléctricos en hospitales.

BIBLIOGRAFÍA

BENDER. Group. Seguridad Eléctrica. Germany: BENDER. Group, 2006. 40 p.

CASAS OSPINA, Favio. Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2 ed. Santafé de Bogota, D.C.: Linotipia Bolívar, 2003. 187 p.

EARLEY, Mark W.; SARGENT, Jeffrey S.; SHEEHAN, Joseph V.; CALOGGERO, John M. National Electrical Code. 10 ed. Quincy: Massachusetts, 2005. 1334 p.

FLUKE, Ibérica S.L. Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales. España: Junio. 2006. 65 p.

Fichas técnicas de arquitectura e ingeniería hospitalaria. Bloque Quirúrgico: Sistema de Seguridad Eléctrica [en línea]. España: Hospitecnia, 2006. [Consultado 14 de junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hospitecnia.com.html>

Hubbell Virtual Catalogs. Dynamic on-line catalogs with zoom. Self Test GFCI Receptacle [en línea]. Mexico: Hubbell, 2006. [Consultado 11 de Junio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hubbell-wiring.com>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS. Normas colombianas para instalaciones eléctricas. Primera actualización. Santafé de Bogota, D.C.: ICONTEC, 2002. 1041 p. NTC 2050.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIANA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Ley 143 de 1994

resolución 180498 29 Abril 2005. Tercera Actualización. Santafé de Bogota, D.C., 2005. 190 p.

MONTENEGRO OROSTEGUI, Armando. Ministerio de Salud República de Colombia. En: Puesta a tierra hospitalarias instalaciones eléctricas hospitalarias. (Julio, 1998); 45 p.

Pararrayos y Aterrizamientos, CA [en línea]: Pararrayos tipo Franklin Catalogo A200. Republica Dominicana: Pararrayos Praca, 2007. [Consultado 10 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.pararrayospraca.com/pararrayos.asp>

Rawelt [en línea]: Catalogo de materiales eléctricos y productos Rawelt. México: Rawelt, 2005. [Consultado 31 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: http://www.materialeselectricos1.com/geocities.com/wirefull_026/index.html

RODRIGUEZ DENIS, Ernesto B. Ingeniería Clínica. En: Sociedad Cubana de Bioingeniería. (Abr, 2006); 121 p.

ROGERS, Eldon .J. Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. 2 ed. Quincy: Massachusetts , 1998. 210 p.

SCHNEIDER ELECTRIC, Configurador de Protección Contra Sobretensiones [en línea]. México: Schneider Electric, 2007. [Consultado el 5 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.mgeups.es/productos/galaxypw.php>

SQUARE D. Schneíder Electric. Sistemas de Aislamiento para Hospitales. 2 ed. México: SQUARE D. Schneíder Electric, 2005. 300 p.

Universidad de Alcalá. Ingeniería en Electrónica. En: Seguridad Eléctrica Instrumentación Biomédica. (May, 2006); 40 p.

ANEXOS

Anexo A. Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38 **
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propiamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

Anexo B. Tabla 220-3(b) .Cargas de iluminación general por tipo de edificio

Tipo de edificio	Carga unitaria por pie cuadrado (en voltioamperios)
Cuarteles y auditorios	1
Bancos	3 ½**
Barberías y salones de belleza	3
Iglesias	1

Tipo de edificio	Carga unitaria por pie cuadrado (en voltioamperios)
Clubs	2
Juzgados	2
Unidades de vivienda*	3
Garajes-públicos (propriadamente dichos)	1 ½
Hospitales	2
Hoteles y moteles, incluídos bloques de apartamentos sin cocina*	2
Edificios industriales y comerciales	2
Casas de huéspedes	1 ½
Edificios de oficinas	3 ½**
Restaurantes	2
Colegios	3
Tiendas	3
Almacenes	¼
En cualquiera de los edificios anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión y auditorios	1
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	½
Lugares de almacenaje	¼

Unidades SI: 1 pie cuadrado = 0,093 m²

* Todas las tomas de corriente de uso general de 20 amperios nominales o menos en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles [excepto las conectadas a los circuitos de toma de corriente especificados en la Sección 220-4(b) y (c)], se deben considerar tomas para iluminación general y en tales tomas no serán necesarios cálculos para cargas adicionales.

** Además se debe incluir una carga unitaria de 1 voltioamperio por pie cuadrado para tomas de corriente de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de tomas.

Anexo C. Tabla 250-94 Conductor del electrodo de puesta a tierra de instalaciones de c.a.

Sección del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo		Sección del conductor al electrodo de tierra	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre*
2 o menos	1/0 o menos	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250 Kcmils	4	2
Más de 3/0 a 350 Kcmils	Más de 250 Kcmils a 500 Kcmils	2	1/0
Más de 350 Kcmils a 600 Kcmils	Más de 500 Kcmils a 900 Kcmils	1/0	3/0
Más de 600 Kcmils a 1100 Kcmils	Más de 900 Kcmils a 1750 Kcmils	2/0	4/0
Más de 1100 Kcmils	Más de 1750 Kcmils	3/0	250 Kcmils

* Véanse las limitaciones de instalación en el Artículo 250-92.a).

Nota. Para el calibre del conductor puesto a tierra de una instalación de c.a. conectado con el equipo de la acometida, véase el Artículo 250-23.b).

Anexo D. Tabla 250-95 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y equipos

Intensidad o posición máxima del dispositivo automático de protección contra sobreintensidad en el circuito antes de los equipos, conductos, etc. (amperios)	Sección	
	Cable de cobre n°	Cable de aluminio o de aluminio revestido de cobre* n°.
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	1/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 Kcmils
1600	4/0	350 Kcmils
2000	250 Kcmils	400 Kcmils
2500	350 Kcmils	600 Kcmils
3000	400 Kcmils	600 Kcmils
4000	500 Kcmils	800 Kcmils
5000	700 Kcmils	1200 Kcmils
6000	800 Kcmils	1200 Kcmils

Véase limitaciones a la instalación en la Sección 250-92(a).

Nota. Para cumplir lo establecido en el Artículo 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor calibre que el especificado en esta Tabla.

Anexo E. Tabla 310-16 Intensidad máxima permanente admisible de conductores aislados para 0 a 2.000 voltios nominales y 60°C a 90°C (140°F a 94°F) No más de tres conductores en tensión en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C (86°F)

Sección	Temperatura nominal del conductor (ver Cuadro 310-13)						Sección
AWG Kcmils	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	AWG Kcmils
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14	20#	20#	25	....	....	....	....
12	25#	25#	30#	20#	20#	25#	12
10	30	35#	40#	25	30#	35#	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C (86°F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °F
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	70- 77
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	78- 86
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	87- 95
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	96-104
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	105-113
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	114-122
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	123-131
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	132-140
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	141-158
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	159-176

- * Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este *Código*, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar los 15 amperios para el número 14; 20 amperios para el número 12 y 30 amperios para el número 10, todos de cobre; o 15 amperios para el número 12 y 25 amperios para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y el número de conductores.

Anexo F. Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2.000 voltios nominales al aire libre y una temperatura del aire ambiente de 30°C (86°F)

Sección	Temperatura nominal del conductor (ver Cuadro 310-13)						Sección
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
AWG Kcmils	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW- 2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	AWG Kcmils
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	....	....	18	....	....	....	....
16	....	....	24	....	....	....	....
14	25#	30#	35#	....	....	....	....
12	30#	35#	40#	25#	30#	35#	12
10	40	50#	55#	35#	40#	40#	10
8	60	70	80	45	55	60	8
6	80	95	105	60	75	80	6
4	105	125	140	80	100	110	4
3	120	145	165	95	115	130	3
2	140	170	190	110	135	150	2
1	165	195	220	130	155	175	1
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0
250	340	405	455	265	315	355	250
300	375	445	505	290	350	395	300
350	420	505	570	330	395	445	350
400	455	545	615	355	425	480	400
500	515	620	700	405	485	545	500
600	575	690	780	455	540	615	600
700	630	755	855	500	595	675	700
750	655	785	855	515	620	700	750
800	680	815	920	535	645	725	800
900	730	870	985	580	700	785	900
1000	780	935	1055	625	750	845	1000
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C (86°F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °F
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	70- 77

Sección	Temperatura nominal del conductor (ver Cuadro 310-13)						Sección
AWG Kcmils	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	AWG Kcmils
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW- 2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	78- 86
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	87- 95
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	96-104
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	105-113
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	114-122
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	123-131
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	132-140
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	141-158
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	159-176

- * Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este *Código*, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar los 15 amperios para el número 14; 20 amperios para el número 12 y 30 amperios para el número 10, todos de cobre; o 15 amperios para el número 12 y 25 amperios para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre.

Anexo G. Tabla 310-18 Capacidad de corriente permisible de tres conductores sencillos aislados de 0 a 2.000 voltios, de 150°C a 250°C (302°F a 482°F) en canalizaciones o cables, para una temperatura ambiente de 40°C (140°F)

Sección	Temperatura nominal del conductor. Véase Cuadro 310-13				Sección
AWG Kcmils	150°C (302°F)	200°C (392°F)	250°C (482°F)	150°C (302°F)	AWG Kcmils
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA	TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	COBRE		NIQUEL O NIQUEL RECUBIERTO DE COBRE	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	34	36	39	....	14
12	43	45	54	30	12
10	55	60	73	44	10
8	76	83	93	57	8
6	96	110	117	75	6
4	120	125	148	94	4
3	143	152	166	109	3
2	160	171	191	124	2
1	186	197	215	145	1
1/0	215	229	244	169	1/0
2/0	251	260	273	198	2/0
3/0	288	297	308	227	3/0

Sección	Temperatura nominal del conductor. Véase Cuadro 310-13				Sección
AWG Kcmils	150°C (302°F)	200°C (392°F)	250°C (482°F)	150°C (302°F)	AWG Kcmils
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA	TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	COBRE		NIQUEL O NIQUEL RECUBIERTO DE COBRE	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
4/0	332	346	361	260	4/0
250	....	....	....	....	250
300	....	....	....	....	300
350	....	....	....	....	350
400	....	....	....	....	400
500	....	....	....	....	500
600	....	....	....	....	600
700	....	....	....	....	700
750	....	....	....	....	750
800	....	....	....	....	800
1000	....	....	....	....	1000
1500	....	....	....	....	1500
2000	....	....	....	....	2000
FACTORES DE CORRECCION					
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 40°C (104°F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes				Temperatura ambiente en °F
41- 50	0,95	0,97	0,98	0,95	105-122
51- 60	0,90	0,94	0,95	0,90	123-140
61- 70	0,85	0,90	0,93	0,85	141-158
71- 80	0,80	0,87	0,90	0,80	159-176
81- 90	0,74	0,83	0,87	0,74	177-194
91-100	0,67	0,79	0,85	0,67	195-212
101-120	0,52	0,71	0,79	0,52	213-248
121-140	0,30	0,61	0,72	0,30	249-284
141-160	....	0,50	0,65	....	285-320
161-180	....	0,35	0,58	....	321-356
181-200	....	....	0,49	....	357-392
201-225	....	....	0,35	....	393-437

Anexo H. Tabla 310-19 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados de 0 a 2.000 voltios, de 150°C a 250°C (302°F a 482°F) en canalizaciones o cables, para una temperatura ambiente de 40°C (140°F)

Sección	Temperatura nominal del conductor. Véase Cuadro 310-13					Sección
AWG Kcmils	150°C (302°F)	200°C (392°F)	Conductores desnudos o cubiertos	250°C (482°F)	150°C (302°F)	AWG Kcmils
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA		TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	DE COBRE			DE NIQUEL O DE COBRE RECUBIERTO DE NIQUEL	DE ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	46	54	30	59	....	14
12	60	68	35	78	47	12
10	80	90	50	107	63	10
8	106	124	70	142	83	8
6	155	165	95	205	112	6
4	190	220	125	278	148	4
3	214	252	150	327	170	3
2	255	293	175	381	198	2
1	293	344	200	440	228	1
1/0	339	399	235	532	263	1/0
2/0	390	467	275	591	305	2/0

Sección	Temperatura nominal del conductor. Véase Cuadro 310-13					Sección
AWG Kcmils	150°C (302°F)	200°C (392°F)	Conductores desnudos o cubiertos	250°C (482°F)	150°C (302°F)	AWG Kcmils
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA		TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	DE COBRE			DE NIQUEL O DE COBRE RECUBIERTO DE NIQUEL	DE ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
3/0 4/0	451 529	546 629	320 370	708 830	351 411	3/0 4/0
250 300 350 400 500	.... .... .... .... ....	.... .... .... .... ....	415 460 520 560 635	.... .... .... .... ....	.... .... .... .... ....	250 300 350 400 500
600 700 750 800 900	.... .... .... .... ....	.... .... .... .... ....	710 780 805 835 865	.... .... .... .... ....	.... .... .... .... ....	600 700 750 800 900
1000 1500 2000	.... .... ....	.... .... ....	895 1205 1420	.... .... ....	.... .... ....	1000 1500 2000
FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 40°C (104°F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes					Temperatura ambiente en °F
41- 50	0,95	0,97	....	0,98	0,95	105-122
51- 60	0,90	0,94	....	0,95	0,90	123-140
61- 70	0,85	0,90	....	0,93	0,85	141-158
71- 80	0,80	0,87	....	0,90	0,80	159-176
81- 90	0,74	0,83	....	0,87	0,74	177-194
91-100	0,67	0,79	....	0,85	0,67	195-212
101-120	0,52	0,71	....	0,79	0,52	213-248
121-140	0,30	0,61	....	0,72	0,30	249-284
141-160	....	0,50	....	0,65	....	285-320
161-180	....	0,35	....	0,58	....	321-356
181-200	....	....	....	0,49	....	357-392
201-225	....	....	....	0,35	....	393-437

Anexo I. Tabla 370-16(a) Cajas metálicas

Dimensiones de la caja en pulgadas, tamaño comercial o tipo	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores*						
		Nº.	Nº.	Nº.	Nº.	Nº.	Nº.	Nº.
		18	16	14	12	10	8	6
4 x 1 ¼ redonda u octogonal	205	8	7	6	5	5	4	2
4 x 1 ½ redonda u octogonal	254	10	8	7	6	6	5	3
4 x 2 _ redonda u octogonal	353	14	12	10	9	8	7	4
4 x 1 ¼ cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
4 x 1 ½ cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
4 x 2 _ cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
4 11/16 x 1 ¼ cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
4 11/16 x 1 ½ cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
4 11/16 x 2 _ cuadrada	689	28	24	21	18	16	14	8
3 x 2 x 1 ½ de dispositivos	123	5	4	3	3	3	2	1
3 x 2 x 2 de dispositivos	164	6	5	5	4	4	3	2
3 x 2 x 2 ¼ de dispositivos	172	7	6	5	4	4	3	2
3 x 2 x 1 ½ de dispositivos	205	8	7	6	5	5	4	2
3 x 2 x 2 ¾ de dispositivos	230	9	8	7	6	5	4	2
3 x 2 x 1 ½ de dispositivos	295	12	10	9	8	7	6	3
4 x 2 _ x 1 ½ de dispositivos	169	6	5	5	4	4	3	2
4 x 2 _ x 1 _ de dispositivos	213	8	7	6	5	5	4	2
4 x 2 _ x 2 _ de dispositivos	238	9	8	7	6	5	4	2

3 ¾ x 2 x 2 ½ caja/hueco de ladrillo	230	9	8	7	6	5	4	2
3 ¾ x 2 x 3 ½ caja/hueco de ladrillo	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de prof. mínima 1 ¾ con una tapa/hueco	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de prof. mínima 2 _ con una tapa/hueco	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de prof. mínima 1 ¾ con varias tapas/huecos	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de prof. mínima 2 _ con varias tapas/huecos	394	16	13	12	10	9	8	4

* Cuando en las Secciones 370-16(b)(2) a (5) no se exijan tolerancias de volumen.
Unidades SI: 1 pulg³ = 16,4 cm³

Anexo J. Tabla 370-16(b) Volumen de las cajas por cada conductor

Sección del conductor	Espacio libre en la caja para cada conductor
Nº. 18	25 cm ³
Nº. 16	29 cm ³
Nº. 14	33 cm ³
Nº. 12	37 cm ³
Nº. 10	41 cm ³
Nº. 8	49 cm ³
Nº. 6	82 cm ³

Anexo K. Tabla 400-4 Cables y cordones flexibles (ver la Sección 400-4)

Nombre comercial	Letra de tipo	Sección AWG	Número de conductores o polos	Aislamiento	Espesor nominal del aislamiento* (ver Nota 8)		Forro de cada conductor	Recubrimiento externo	Uso		
					AWG	Mils					
Cordón para bombilla	C	18-20	2 o más	Termoplástico o termoendurecido	18-16 14-10	30 45	Algodón	Ninguno	Colgante o portátil	En lugares secos	No intenso
Cable de ascensores	E Nota 5 Nota 9 Nota 10	20-2	2 o más	Termoendurecido	20-16 14-12 12-10 8-2 20-16 14-12 12-10 8-2	20 30 45 60 20 30 45 60	Algodón Forro de nylon flexible	3 de algodón, uno exterior retardante llama y resist. humedad. Nota 3	Iluminación y control de ascensores	Lugares no peligrosos	
Cable de ascensores	EO Nota 5 Nota 10	20-2	2 o más	Termoendurecido	20-16 14-20 12-10 8-2	20 30 45 60	Algodón	3 de algodón, uno exterior retardante llama y resist. humedad. Nota 3	Iluminación y control de ascensores	Lugares no peligrosos	
								1 de algodón y forro de neopreno. Nota 3		Lugares peligrosos (clasificados)	
Cable de ascensores	ET Nota 5 Nota 10	20-2	2 o más	Termoplástico	20-16 14-12 12-10 8-2	20 30 45 60	Rayón	3 de algodón o equivalente, uno exterior retardante llama y resist. humedad. Nota 3	Lugares no peligrosos		
	ETLB Nota 5 Nota 10						Ninguno				

Nombre comercial	Letra de tipo	Sección AWG	Número de conductores o polos	Aislamiento	Espesor nominal del aislamiento* (ver Nota 8)		Forro de cada conductor	Recubrimiento externo	Uso		
					AWG	Mils					
	ETP Nota 5 Nota 10			Termoplástico			Rayón	Termoplástico	Lugares peligrosos (clasificados)		
	ETT Nota 5 Nota 10			Termoplástico			Ninguno	1 de algodón o equivalente y un forro termoplástico	Lugares peligrosos (clasificados)		
Cable eléctrico portátil	G	8-500 Kcmils	2-6 más el o los de tierra	Termoendurecido	8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	60 80 95		Termoendurecido resistente al aceite	Portátil y uso extra-intenso		
Cordón de calentador	HPD	18-12	2, 3 o 4	Termoendurecido con amianto o sólo termoendurecido	18-16 14-12	15 30	Ninguno	Algodón o rayón	Calentadores portátiles	Lugares secos	No intenso
Cordón paralelo de calentador	HPN Nota 6	18-12	2 o 3	Termoendurecido resistente al aceite	18-16 14 12	45 60 95	Ninguno	Termoendurecido resistente al aceite	Portátil	Lugares húmedos	No intenso
Cordón de calentador con forro termoendurecido	HS	14-12	2, 3 o 4	Termoendurecido	18-16 14-12	30 45	Ninguno	Algodón termoendurecido y	Portátil calentador portátil o	Lugares húmedos	Extra intenso
	HSJ	18-12		Termoendurecido resistente al aceite				Algodón y termoendurecido resistente al aceite			Intenso
	HSO	14-12									Extra intenso
	HSJO	18-12									Intenso
	HSOO	14-12									Extra intenso
	HSJOO	18-12									Intenso
Cordón portátil trenzado	PD	18-10	2 o más	Termoendurecido o termoplástico	18-16 14-10	30 45	Algodón	Algodón o rayón	Colgante portátil o	Lugares secos	No intenso
Cable eléctrico portátil	PPE	8-500 Kcmils	1-6 más conductor(es) de tierra (opcional)	Elastómero termoplástico	8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	60 80 95		Elastómero termoplástico resistente al aceite	Portátil extra-intenso		
Cordón para uso intenso	S Nota 4	18-12	2 o más	Termoendurecido	18-16 14-10 8-2	30 45 60	Ninguno	Termoendurecido	Colgante portátil o	Lugares húmedos	Extra-intenso
Cable flexible para escenarios e iluminación	SC	8-250 Kcmils	1 o más	Termoendurecido	8-2 1-4/0 250 Kcmils	60 80 95		Termoendurecido**	Portátil, extra-intenso		
Cable flexible para escenarios e iluminación	SCE	8-250 Kcmils	1 o más	Elastómero termoplástico	8-2 1-4/0 250 Kcmils	60 80 95		Termoplástico elastómero**	Portátil, extra-intenso		
Cable flexible para escenarios e iluminación	SCT	8-250 Kcmils	1 o más	Termoplástico	8-2 1-4/0 250 Kcmils	60 80 95		Termoplástico**	Portátil, extra-intenso		
Cordón de uso intenso	SE Nota 4	18-2	2 o más	Elastómero termoplástico	18-16 14-10 8-2	30 45 60	Ninguno	Elastómero termoplástico	Colgante portátil o	Lugares húmedos	Extra-intenso
	SEO Nota 4			Elastómero termoplástico resistente al aceite							
	SEOO Nota 4										
Cordón de uso intenso	SJ	18-10	2, 3, 4 o 5	Termoendurecido	18-12	30	Ninguno	Termoendurecido	Colgante portátil o	Lugares húmedos	Intenso

Nombre comercial	Letra de tipo	Sección AWG	Número de conductores o polos	Aislamiento	Espesor nominal del aislamiento* (ver Nota 8)		Forro de cada conductor	Recubrimiento externo	Uso		
					AWG	Mils					
					10	45					
	SJE			Elastómero termoplástico				Elastómero termoplástico			
	SJEO							Elastómero termoplástico resistente al aceite			
	SJEOO			Elastómero termoplástico resistente al aceite							
	SJO			Termoendurecido				Termoendurecido resistente al aceite			
	SJOO			Termoendurecido resistente al aceite				Termoendurecido resistente al aceite			
	SJT			Termoplástico				Termoplástico			
	SJTO			Termoplástico				Termoplástico resistente al aceite			
	SJTTO			Termoplástico resistente al aceite				Termoplástico resistente al aceite			
Cordón para uso intenso	SO Nota 4	18-2	2 o más	Termoendurecido	18-16 14-10 8-2	30 45 60		Termoendurecido resistente al aceite	Colgante o portátil	Lugares húmedos	Extra-intenso
	SOO Nota 4			Termoendurecido resistente al aceite				Termoendurecido resistente al aceite			
Cordón paralelo de termoendurecido	SP-1 Nota 6	20-18	2 o 3	Termoendurecido	20-18	30	Ninguno	Termoendurecido	Colgante o portátil		
	SP-2 Nota 6	18-16			18-16	45					
	SP-3 Nota 6	18-10		Termoendurecido	18-16 14 12 10	60 80 95 110	Ninguno	Termoendurecido	Frigoríficos, acondicionadores de aire y lo que permite la Sección 422-8(d)	Lugares húmedos	No intenso
Cordón paralelo todo de elastómero (termoplástico)	SPE-1 Nota 6	20-18	2 o 3	Elastómero termoplástico	20-18	30	Ninguno	Elastómero termoplástico	Colgante o portátil	Lugares húmedos	No intenso
	SPE-2 Nota 6	18-16			18-16	45					
	SPE-3 Nota 6	18-10			18-16 14 12 10	60 80 95 110	Ninguno	Elastómero termoplástico	Frigoríficos, acondicionadores de aire y lo que permite la Sección 422-8(d)	Lugares húmedos	No intenso
Cordón paralelo todo de plástico	SPT-1 Nota 6	20-18	2 o 3	Termoplástico	20-18	30	Ninguno	Termoplástico	Colgante o portátil	Lugares húmedos	No intenso
	SPT-2 Nota 6	18-16			18-16	45					
	SPT-3 Nota 6	18-10		Termoplástico	18-16 14 12 10	60 80 95 110	Ninguno	Termoplástico	Frigoríficos, acondicionadores de aire y lo que permite la Sección 422-8(d)	Lugares húmedos	No intenso
Cable de cocinas y secadoras	SRD	10-4	3 o 4	Termoendurecido	10-4	45	Ninguno	Termoendurecido	Portátil	Lugares húmedos	Cocinas y secadoras
	SRDE	10-4	3 o 4	Elastómero termoplástico			Ninguno	Elastómero termoplástico	Portátil	Lugares húmedos	Cocinas y secadoras
	SRDT	10-4	3 o 4	Termoplástico			Ninguno	Termoplástico	Portátil	Lugares húmedos	Cocinas y secadoras

Nombre comercial	Letra de tipo	Sección AWG	Número de conductores o polos	Aislamiento	Espesor nominal del aislamiento* (ver Nota 8)		Forro de cada conductor	Recubrimiento externo	Uso		
					AWG	Mils					
Cordón para uso intenso	ST Nota 4	18-2	2 o más	Termoplástico	18-16	15	Ninguno	Termoendurecido	Colgante portátil o	Lugares húmedos	Extra-intenso
	STO Nota 4							Elastómero termoplástico			
	STOO Nota 4			Termoplástico resistente al aceite							
Cable de aspiradoras	SV Nota 6	18-16	2 o 3	Termoendurecido	18-16	15	Ninguno	Termoendurecido	Colgante portátil o	Lugares húmedos	No intenso
	SVE Nota 6			Elastómero termoplástico				Elastómero termoplástico			
	SVEO Nota 6							Elastómero termoplástico resistente al aceite			
	SVEOO Nota 6			Elastómero termoplástico resistente al aceite				Termoendurecido resistente al aceite			
	SVO SVOO			Termoendurecido							
				Termoendurecido resistente al aceite							
	SVT Nota 6			Termoplástico				Termoplástico			
	SVTO Nota 6			Termoplástico				Termoplástico resistente al aceite			
	SVTOO			Termoplástico resistente al aceite				Termoplástico resistente al aceite			
Cable de Tinsel paralelo	TPT Nota 2	27	2	Termoplástico	27	30	Ninguno	Termoplástico	Unido a un aparato	Lugares húmedos	No intenso
Cable de Tinsel forrado	TS Nota 2	27	2	Termoendurecido	27	15	Ninguno	Termoendurecido	Unido a un aparato	Lugares húmedos	No intenso
	TST Nota 2	27	2	Termoplástico			Ninguno	Termoplástico	Unido a un aparato	Lugares húmedos	No intenso
Cable eléctrico portátil	W	8-500 Kcmils	1-6	Termoendurecido	8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	60 80 95		Termoendurecido resistente al aceite	Portátil, extra-intenso		
Cables eléctricos para vehículos	EV	18-500 Kcmils Nota 11	2 o más, más conductor o conductores de masa más cables opcionales híbridos para datos, señales, comunicaciones y fibra óptica	Termoendurecido con nylon opcional. Nota 12	18-16 14-10 8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	30 (20) 45 (30) 60 (45) 80 (60) 95 (75) Nota 12	Opcional	Termoendurecido	Carga de vehículos eléctricos	Lugares húmedos	Extra-intenso
	EVJ	18-12 Nota 11			18-12	30 (20) Nota 12					Intenso
	EVE	18-500 Kcmils Nota 11		Elastómero termoplástico con nylon opcional. Nota 12	18-16 14-10 8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	30 (20) 45 (30) 60 (45) 80 (60) 95 (75) Nota 12		Elastómero termoplástico			Extra-intenso

Nombre comercial	Letra de tipo	Sección AWG	Número de conductores o polos	Aislamiento	Espesor nominal del aislamiento* (ver Nota 8)		Forro de cada conductor	Recubrimiento externo	Uso	
	EVJE				AWG	Mils				Intenso
		18-12 Nota 11			18-12	30 (20) Nota 12				
	EVT	18-500 Kcmils Nota 11		Termoplástico con nylon opcional. Nota 12	18-16 14-10 8-2 1-4/0 250 Kcmils a 500 Kcmils	30 (20) 45 (30) 60 (45) 80 (60) 95 (75) Nota 12		Termoplástico		Extra-intenso
	EVJT	18-12 Nota 11			18-12	30 (20) Nota 12				Intenso

** El recubrimiento exterior exigido en algunos cables unipolares puede ir integrado con el aislamiento.

Anexo L. Tabla 402-3 Cables para aparatos

Nombre comercial	Letra de tipo	Aislamiento	AWG	Espesor del aislamiento (en mils)		Cubierta exterior	Temp. máx. de trabajo	Orientaciones sobre aplicación
				Aislamiento resistente a la humedad	Aislamiento de amianto			
Cable recubierto de amianto y resistente al calor	AF	Amianto impregnado Aislante resistente a la humedad y amianto impregnado	18-14 12-10	--- 20 --- 25	30 10 45 20	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos. Limitados a 300 voltios y en locales interiores secos
Cable de aparatos recubierto de goma y resistente al calor, de trenzado flexible	FFH-2	Goma resistente al calor Goma de látex resistente al calor	18-16 18-16		30 18	Recubrimiento no metálico	75°C 167°F	Cables de aparatos
Cable ECTFE macizo o de 7 hilos	HF	Etileno cloro-trifluoro-etileno	18-14		15	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos
Cable ECTFE de trenzado flexible	HFF	Etileno cloro-trifluoro-etileno	18-14		15	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos
Cable para aparatos con aislamiento de cinta, macizo o trenzado de 7 hilos	KF-1	Cinta de poliimida aromática	18-10		5,5	Ninguna	200°C 392°F	Cables de aparatos hasta 300 voltios
	KF-2	Cinta de poliimida aromática	18-10		8,4	Ninguna	200°C 392°F	Cables de aparatos
Cable para aparatos con aislamiento de cinta, trenzado flexible	KFF-1	Cinta de poliimida aromática	18-10		5,5	Ninguna	200°C 392°F	Cables de aparatos hasta 300 voltios
	KFF-2	Cinta de poliimida aromática	18-10		8,4	Ninguna	200°C 392°F	Cables de aparatos
Perfluoroalcoxi, macizo o trenzado de 7 hilos (de níquel o cobre forrado de níquel)	PAF	Perfluoroalcoxi	18-14		20	Ninguna	250°C 482°F	Cables de aparatos (níquel o cobre forrado de níquel)
Perfluoroalcoxi, trenzado flexible	PAFF	Perfluoroalcoxi	18-14		20	Ninguna	150°C 302°F	Cables de aparatos
Cable para aparatos de propileno-etileno fluorado, macizo o trenzado de 7 hilos	PF	Propileno-etileno fluorado	18-14		20	Ninguna	200°C 392°F	Cables de aparatos
Cable para aparatos	PFF	Propileno-etileno	18-14		20	Ninguno	150°C	Cables de

Nombre comercial	Letra de tipo	Aislamiento	AWG	Espesor del aislamiento (en mils)		Cubierta exterior	Temp. máx. de trabajo	Orientaciones sobre aplicación
				Aislamiento resistente a la humedad	Aislamiento de amianto			
de propileno-etileno fluorado, trenzado flexible		fluorado					302°F	aparatos
Cable para aparatos de propileno-etileno fluorado, macizo o trenzado de 7 hilos	PGF	Propileno-etileno fluorado	18-14		14	Con trenzado de cristal	200°C 392°F	Cables de aparatos
Cable para aparatos de propileno-etileno fluorado, trenzado flexible	PGFF	Propileno-etileno fluorado	18-14		14	Con trenzado de cristal	150°C 302°F	Cables de aparatos
Cable de politetrafluoroetileno extruido, macizo o trenzado de 7 hilos (de níquel o de cobre recubierto de níquel)	PTF	Politetrafluoroetileno extruido	18-14		20	Ninguno	250°C 482°F	Cable de aparatos (de níquel o de cobre recubierto de níquel)
Cable de politetrafluoroetileno extruido, trenzado flexible de 26-36 AWG, de plata o cobre recubierto de níquel)	PTFF	Politetrafluoroetileno extruido	18-14		20	Ninguno	150°C 302°F	Cable de aparatos (de plata o de cobre recubierto de níquel)
Cable de aparatos recubierto de goma resistente al calor, macizo o trenzado de 7 hilos	RFH-1	Goma resistente al calor	18		15	Recubrimiento no metálico	75°C 167°F	Cables de aparatos hasta 300 voltios
	RFH-2	Goma resistente al calor	18-16		30	Recubrimiento no metálico	75°C 167°F	Cables de aparatos
		Goma látex resistente al calor	18-16		18			
Cable de aparatos aislado con polímero sintético entrelazado, macizo o trenzado	RFHH-2*	Polímero sintético trenzado	18-16		30	Ninguno o metálico	90°C 194°F	Cable multipolar de aparatos
	RFHH-3*		18-16		45			
Cable de aparatos con aislamiento de silicona, macizo o trenzado de 7 hilos	SF-1	Goma de silicona	18		15	No metálico	200°C 392°F	Cables de aparatos limitados a 300 voltios
	SF-2	Goma de silicona	18-14		30	No metálico	200°C 392°F	
Cable de aparatos con aislamiento de silicona, trenzado flexible	SFF-1	Goma de silicona	18		15	No metálico	150°C 302°F	Cables de aparatos limitados a 300 voltios
	SFF-2	Goma de silicona	18-14		30	No metálico	150°C 302°F	
Cable de aparatos con recubrimiento termoplástico, macizo o trenzado de 7 hilos	TF*	Termoplástico	18-16		30	Ninguno	60°C 140°F	Cables de aparatos
Cable de aparatos con recubrimiento termoplástico, trenzado flexible	TFF*	Termoplástico	18-16		30	Ninguno	60°C 140°F	Cables de aparatos
Cable de aparatos con recubrimiento termoplástico resistente al calor, macizo o trenzado de 7 hilos	TFN*	Termoplástico	18-16		15	Con forro de nylon o equivalente	90°C 194°F	Cables de aparatos
Cable de aparatos con recubrimiento termoplástico resistente al calor, trenzado flexible	TFFN*	Termoplástico	18-16		15	Con forro de nylon o equivalente	90°C 194°F	Cables de aparatos
Cable de aparatos con aislamiento de poliolefina trenzada, macizo o trenzado de 7 hilos	XF*	Poliolefina trenzada	18-14 12-10		30 45	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos limitados a 300 voltios

Nombre comercial	Letra de tipo	Aislamiento	AWG	Espesor del aislamiento (en mils)		Cubierta exterior	Temp. máx. de trabajo	Orientaciones sobre aplicación
				Aislamiento resistente a la humedad	Aislamiento de amianto			
Cable de aparatos con aislamiento de poliolefina trenzada, trenzado flexible	XFF*	Poliolefina trenzada	18-14 12-10		30 45	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos limitados a 300 voltios
Cable de ETFE modificado, macizo o trenzado de 7 hilos	ZF	Etileno-tetrafluoroetileno modificado	18-14		15	Ninguno	150° 302°F	Cables de aparatos
Cable de ETFE modificado, macizo, trenzado flexible	ZFF	Etileno-tetrafluoroetileno modificado	18-14		15	Ninguno	150°C 302°F	Cables de aparatos
Cable de ETFE modificado, de alta temperatura, macizo o de 7 hilos	ZHF	Etileno-tetrafluoroetileno modificado	18-14		15	Ninguno	200°C 392°F	Cables de aparatos

* Se permite identificar los aislantes y otros recubrimientos exteriores que cumplan los requisitos de ser retardantes de la llama, con producción limitada de humo, etc., con el sufijo LS a continuación de la letra de tipo.

Nota. Los aislantes termoplásticos se ponen rígidos a temperaturas menores a -10 °C (14 °F), por lo que hay que tener el máximo cuidado cuando se instalen a esas temperaturas. Los aislantes termoplásticos se pueden deformar a temperaturas normales si están sometidos a presión, por lo que hay que tener cuidado al instalarlos y en los puntos de soporte.

Anexo M. Tabla 450-3(a)(1) Transformadores de más de 600 voltios

Intensidad máxima o de disparo del dispositivo de protección contra sobreintensidad					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 voltios		De más de 600 voltios		Hasta 600 voltios
	Intensidad del interruptor automático	Intensidad del fusible	Intensidad del interruptor automático	Intensidad del fusible	Intensidad del interruptor automático o del fusible
Hasta el 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y hasta el 10%	400%	300%	250%	225%	125%

Excepción n°. 1: Cuando la intensidad nominal de un fusible o interruptor automático no corresponda con los valores normales, se permite aplicar el valor inmediatamente superior.

Excepción n°. 2: No es necesario un dispositivo individual de sobreintensidad cuando el dispositivo de protección del primario ofrezca la protección especificada en esta Sección.

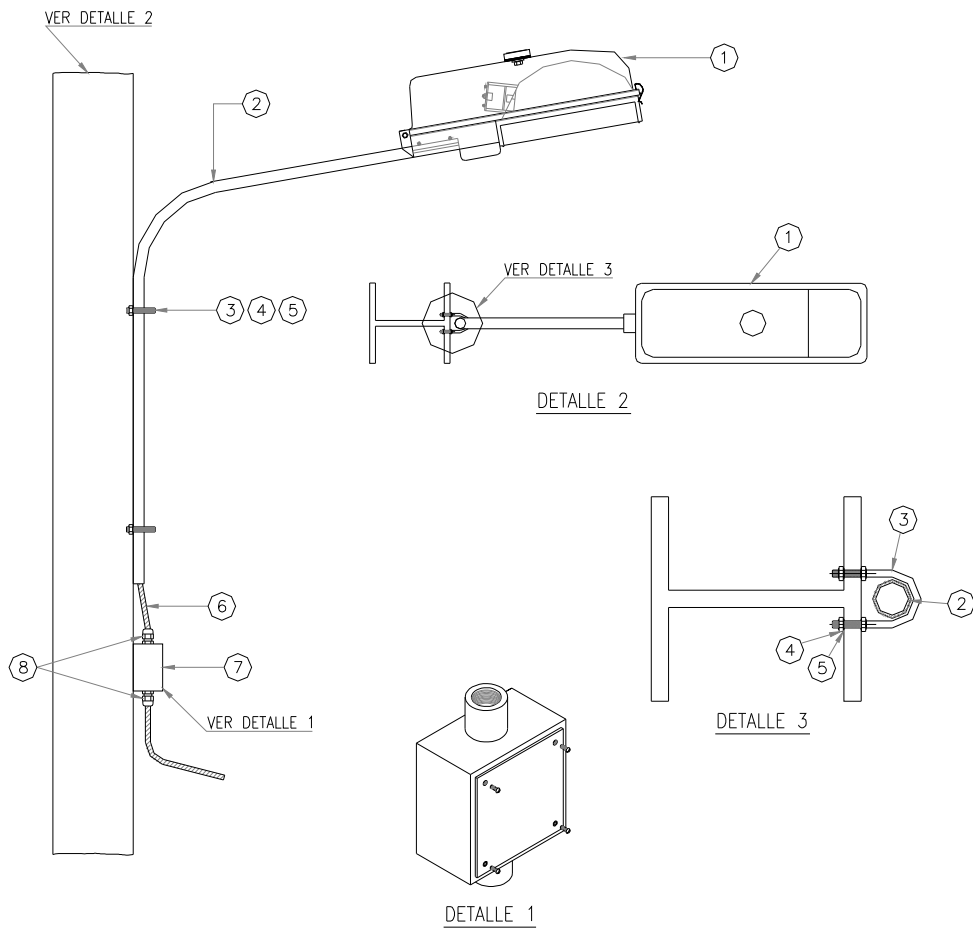
Excepción n°. 3: Lo que establece la siguiente Sección 450-3(a)(2) b.

Anexo N. Transformadores de más de 600 voltios en lugares vigilados. Tabla 450-3(a) (2)

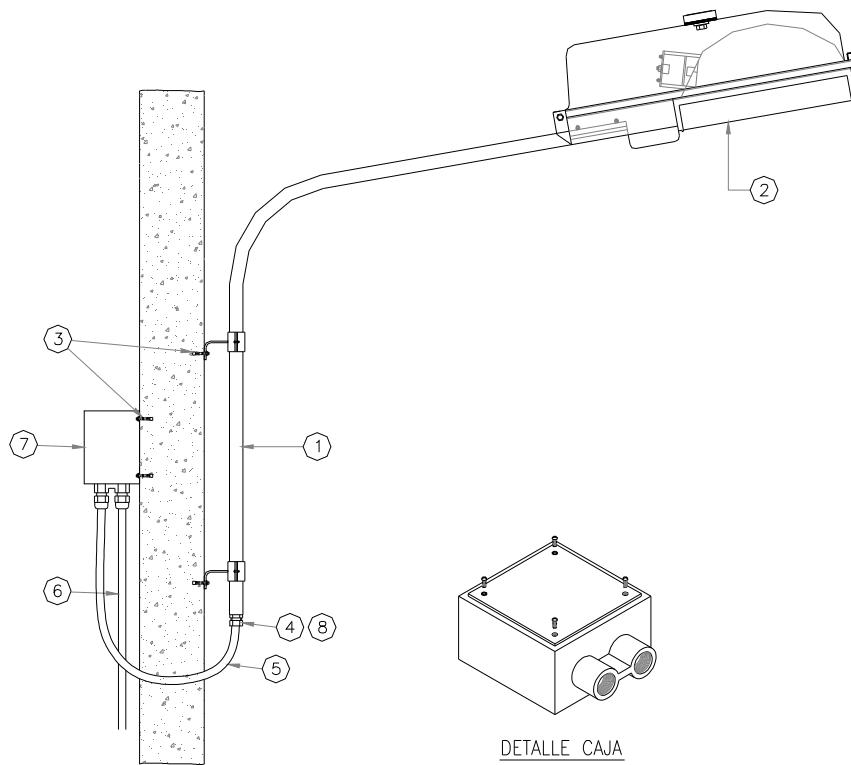
Intensidad máxima o de disparo del dispositivo de protección contra sobreintensidad					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 voltios		De más de 600 voltios		Hasta 600 voltios
	Intensidad del interruptor automático	Intensidad del fusible	Intensidad del interruptor automático	Intensidad del fusible	Intensidad del interruptor automático o del fusible
Hasta el 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más del 6% y hasta el 10%	400%	300%	250%	225%	250%

b) Transformadores de 600 V nominales o menos. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los transformadores de 600 V nominales o m enos deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados 1) o 2).

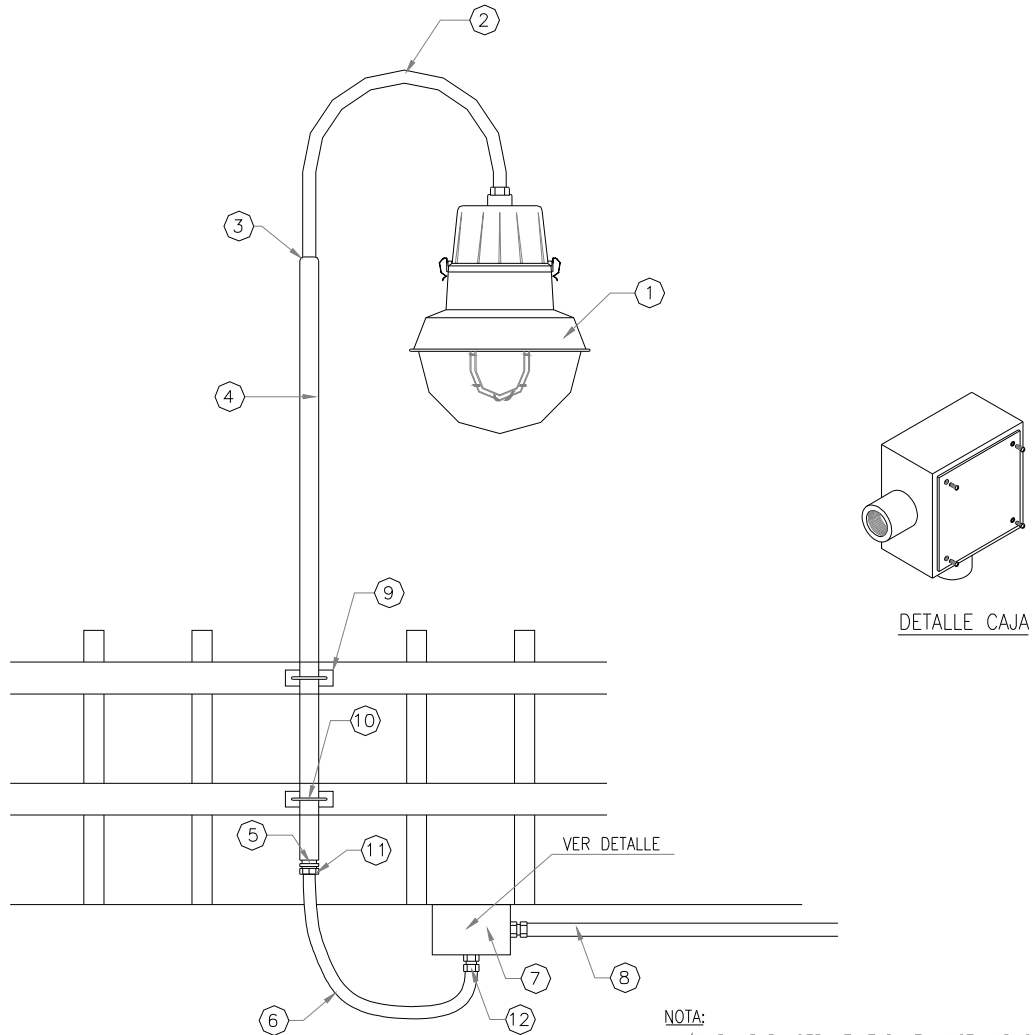
1) Primario. Todos los transformadores de 600 V nominales o menos deben ir protegidos por un dispositivo individual de protección contra sobrecorriente en el primario, de valor nominal o ajuste de disparo no mayor al 125 % de la corriente nominal del primario del transformador.



ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LUMINARIA HORIZONTAL CERRADA DE REPARTO LUMINICO ASIMETRICO CON DIFERENTE GRADO DE ALCANCE. MODELO CALIMA II SODIO - 150/250/400W - IP66	8	2	PRENSA ESTOPA
2	1	TUBERIA CONDUIT GALVANIZADA 2"x3 mts. COLMENA			
3	2	ABRAZADERA EN U DE 2"xø3/8" TECNA			
4	2	TUERCAS ø3/8" GALVANIZADA			
5	2	ARANDELA ø3/8" GALVANIZADA			
6	1	CABLE CENTELSA			
7	1	CAJA DE CONEXION - 2 SALIDAS ø2"			
MONTAJE LUMINARIA ALUMBRADO PUBLICO SOBRE RACK			DIBUJÓ: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO DET-01
					HOJA 1
					DE 11

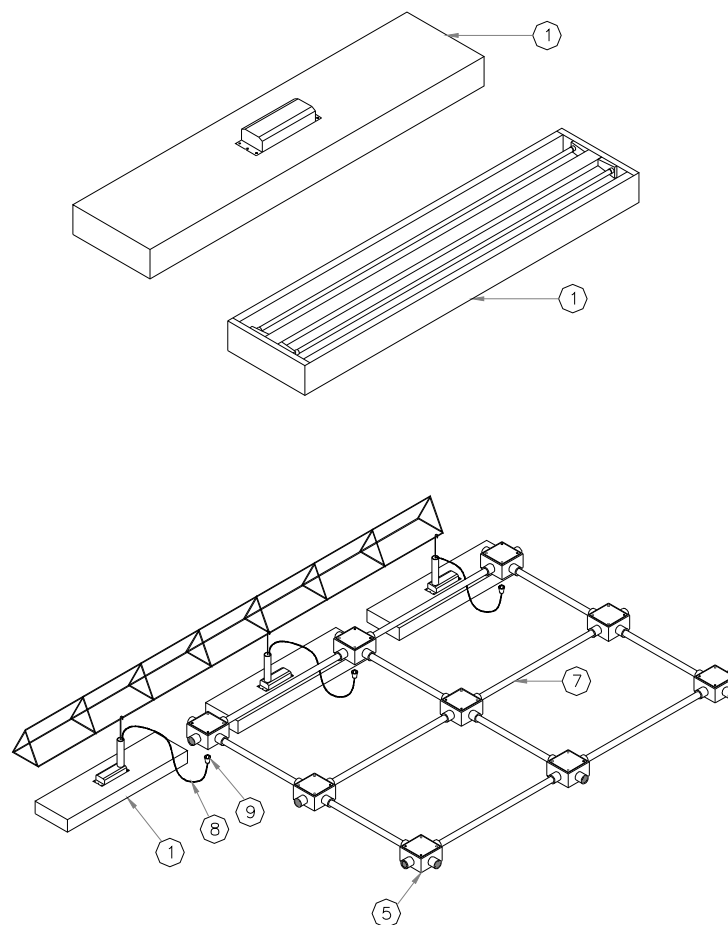


ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	MENSULA 42 cms, VUELO 1.50 mts. EN TUBO GALV. DE $\phi 2"$	8	2	CONECTOR CURVO Y RECTO P/CORAZA 3/4"
2	1	LUMINARIA HORIZONTAL CERRADA DE REPARTO LUMINICO ASIMETRICO CON DIFERENTE GRADO DE ALCANCE - MODELO CALIMA II SODIO - 150/250/400W - IP66 ROYALPHA O SIMILAR			
3	4	ANCLAS EXPANSIVAS DE $\phi 3/8" \times \phi 3"$ HILTI O SIMILAR			
4	1	REDUCCION BUSHING $\phi 2"$ A $\phi 3/4"$			
5	0.5 cms	CORAZA LT $\phi 3/4"$			
6	1	TUBO GALV. $\phi 3/4"$ COLMENA			
7	1	CAJA DE CONEXION 2 SALIDAS			
MONTAJE LUMINARIA ALUMBRADO PUBLICO EN MURO DE CONCRETO			DIBUJÓ: NELSON LEAL ELABORÓ: CAROLINA LOSADA FECHA 13-11-07 ESCALA : SIN ARCHIVO DET-02 HOJA 2 DE 11		

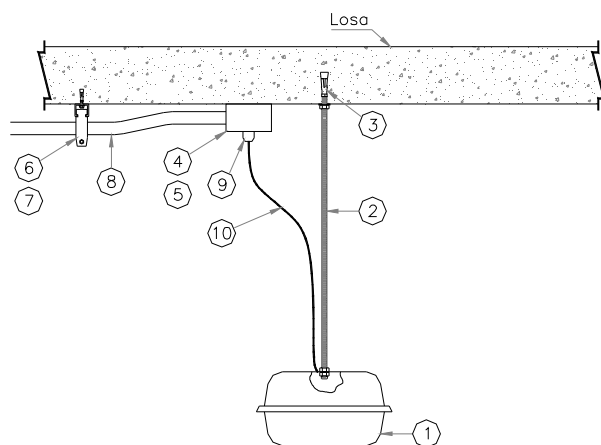
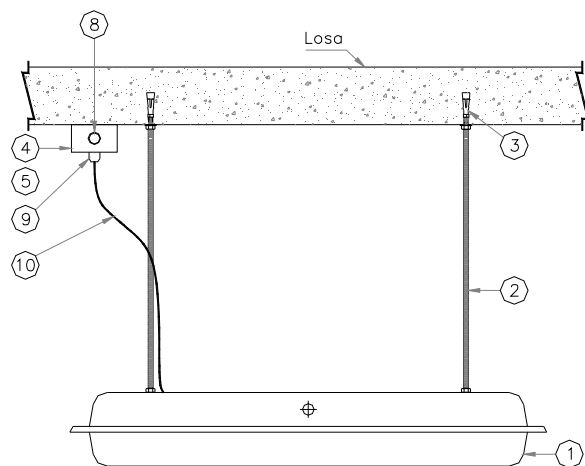


NOTA:
LUMINARIA PARA SER UTILIZADA EN INST. INDUSTRIALES
CON AMBIENTES SEVEROS, TANTO INTERIORES COMO
EXTERIORES

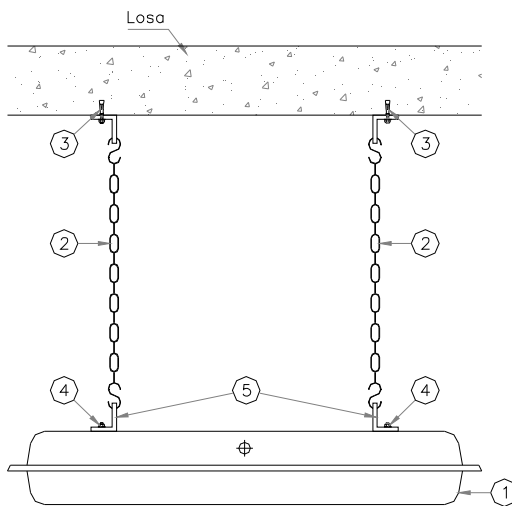
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LAMPARA LSC-MR METACRILATO, REJILLA DE SODIO DE 150W, IP65 ROYALPHA O SIMILAR	9	2	PLATINOS SOLDADOS
2	1	TUBERIA CONDUIT GALV. $\phi 3/4"$ x1mt.	10	2	ABRAZADERAS EN U DE $\phi 1 1/2"$ x $\phi 3/8"$
3	1	REDUCCION COPA $\phi 1 1/2"$ A $\phi 3/4"$	11	1	CONECTOR RECTO P/CORAZA $\phi 3/4"$
4	1	TUBERIA CONDUIT GALV. $\phi 1 1/2"$ x3mts	12	1	CONECTOR CURVO P/CORAZA $\phi 3/4"$
5	1	REDUCCION M-H DE $\phi 1 1/2"$ x $\phi 3/4"$			
6	1	CORAZA LT DE $\phi 3/4"$ x60cms.			
7	1	CAJA DE CONEXION 2 SALIDAS			
8	1	TUBERIA CONDUIT GALV. $\phi 3/4"$			
MONTAJE LUMINARIA HERMETICA AMBIENTES SEVEROS BARANDA 150W			DIBUJO: NELSON LEAL ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		FECHA 13-11-07 ESCALA : SIN
			ARCHIVO DET-03		HOJA 3 DE 11



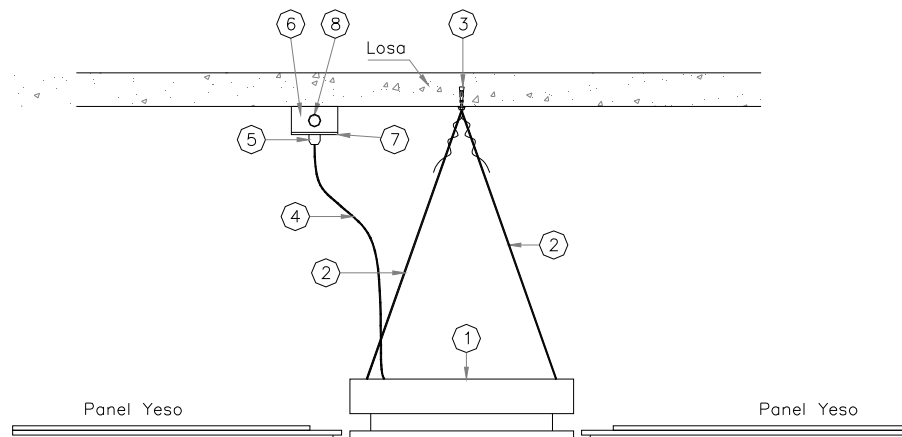
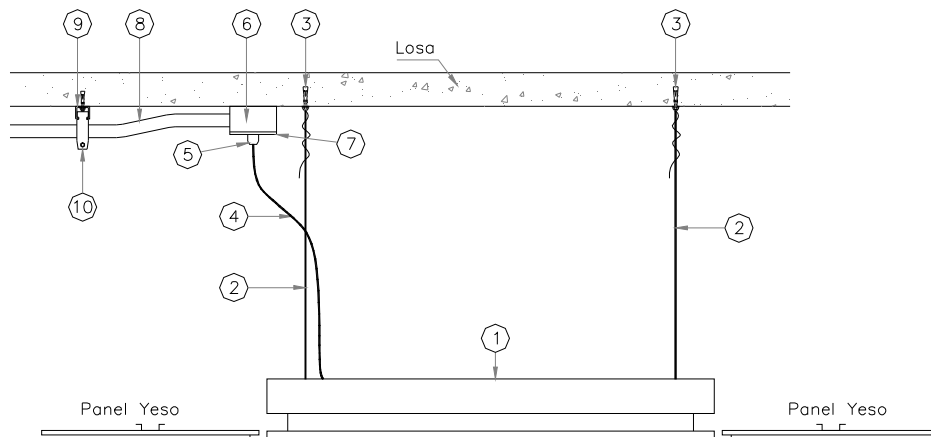
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LUMINARIA 18 2x32 BALASTO ELECTRICO	9	1	CLAVIJA DE 20 AMP. CON POLO A TIERRA
		MODELO INDULUX AA SODIO / MERCURIO / METAL HALIDE			
2	10 cms	CANAL EN U DE $\phi 3'' \times \phi 3''$			
3	2	TORNILLO GALV. DE $\phi 3/8'' \times \phi 1''$ CON TUERCA Y ARANDELA			
4	1	ESTRUCTURA EN HIERRO			
5	1	CAJA FS PARA TOMA			
6	1	CAJA DE CONEXION CON 4 SALIDAS DE $\phi 3/4''$			
7	1	TUBERIA CONDUIT GALV. DE $\phi 3/4''$, COLMENA			
8	1	CABLE ENCAUCHETADO 3x12AWG			
MONTAJE LUMINARIA 2x32			DIBUJÓ: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO DET-04
					HOJA 4
					DE 11



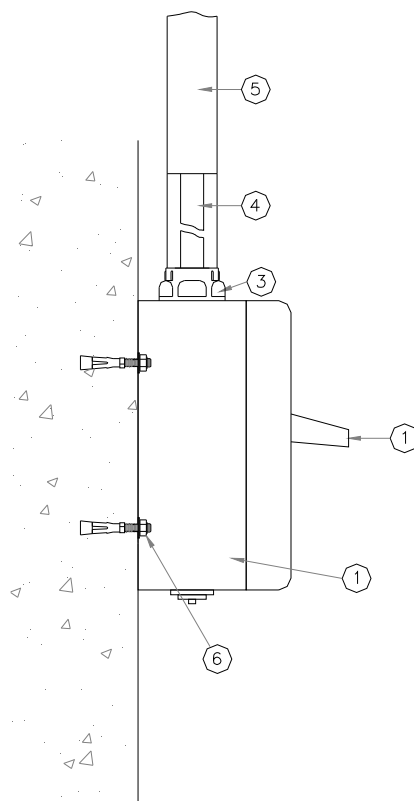
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LUMINARIA IP65 REF: IT100 SPH 1x4/2T8 3241/UNIV	10	1.5 m	CABLE ENCAUCHETADO 3x12 AWG 600V
2	2 m	VARILLA ROSCADA DE 3/8"x1m C/U			
3	2	CHAZO MULTIUSO 3/8"			
4	1	CAJA FS RATWELL 3/4"			
5	1	TOMA DOBLE CON POLO A TIERRA LEVITON			
6	0.20cm	PERFIL LISO			
7	1	ABRAZADERA AJUSTABLE 3/4"			
8		TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
9	1	CLAVIJA 3 POLOS			
MONTAJE LUMINARIA TIPO FLUORESCENTE EN LOSA DE HORMIGON			DIBUJÓ: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO
					DET-05
					HOJA
					DE
					5 11



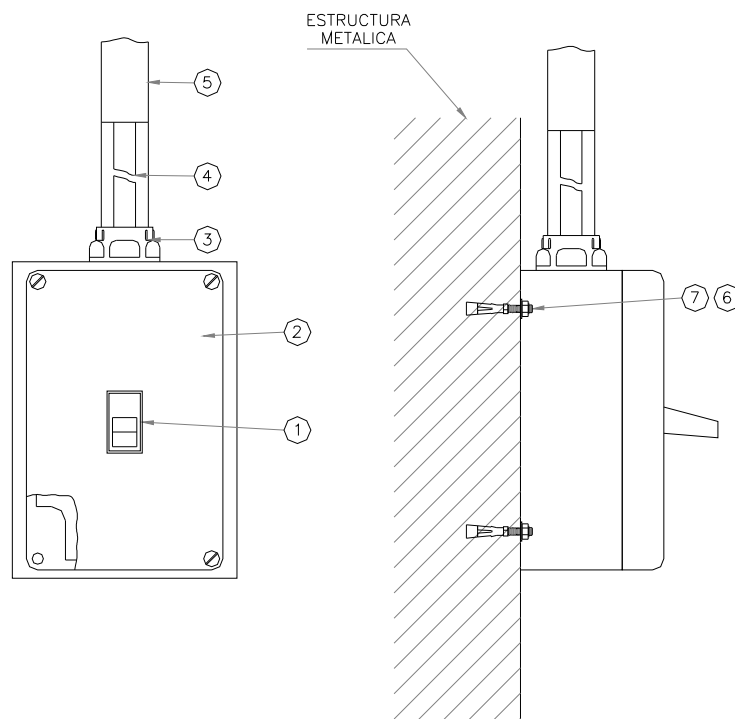
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LUMINARIA IP65 REF: IT100 SPH 1x4/2T8 3241/UNIV			
2	3 m	CADENILLA			
3	2	CHAZO MULTIUSO 3/8"x2"			
4	2	TORNILLO EXAGONAL GALVANIZADO 1/4"x1" CON TUERCA,			
		ARANDELA, GUAZA			
5	0.20cm	ANGULO HIERRO 3/4"x1/8"			
MONTAJE LUMINARIA TIPO FLUORESCENTE EN LOSA DE HORMIGON			DIBUJO: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO
					DET-06
					HOJA
					DE
					6 11



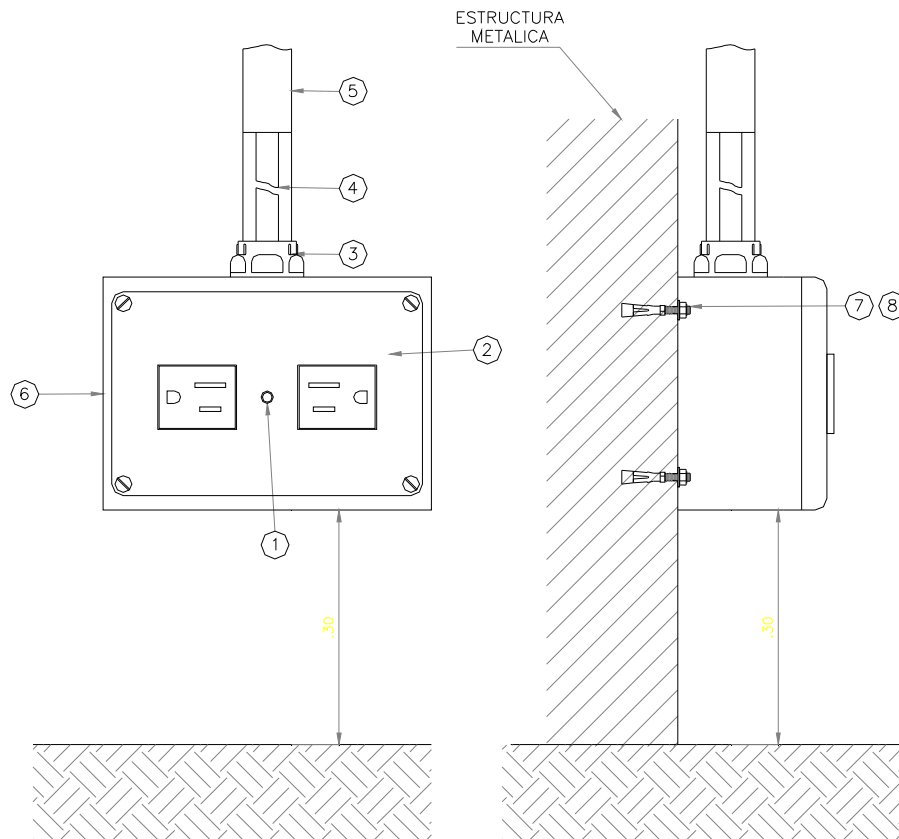
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	LUMINARIA FLUORESCENTE REF. ITELUX-IRM 1x4/SEMIENV12E	9	0.20 m	PERFIL LISO
		2T83250/E1	10	1	ABRAZADERA AJUSTABLE 3/4"
2	4 m	ALAMBRE GALVANIZADO			
3	2	CHAZO MULTIUSO 1/4"			
4	2 m	CABLE ENCAUCHETADO 3x14 AWG			
5	1	CLAVIJA DE 3 POLOS			
6	1	CAJA FS RATWELL 3/4" UNA SALIDA			
7	1	TOMA DOBLE CON POLO A TIERRA LEVITON			
8	1	TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
MONTAJE LUMINARIA TIPO FLUORESCENTE EN PANEL YESO			DIBUJÓ: NELSON LEAL ELABORÓ: CAROLINA LOSADA FECHA 13-11-07 ESCALA : SIN ARCHIVO DET-07		
			HOJA DE 7 11		



ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	INTERRUPTOR			
2	1	CAJA FS 2x4 RATWELL			
3	1	BUSHING Y CONTRATUERCA			
4	1	CONDUCTOR			
5	1	TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
6	2	CHAZO EXPANSIVO 3/8"x2" HILTI O SIMILAR			
INTERRUPTOR DE ALUMBRADO SOBRE MURO DE HORMIGON			DIBUJÓ: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO DET-08
					HOJA 8
					DE 11

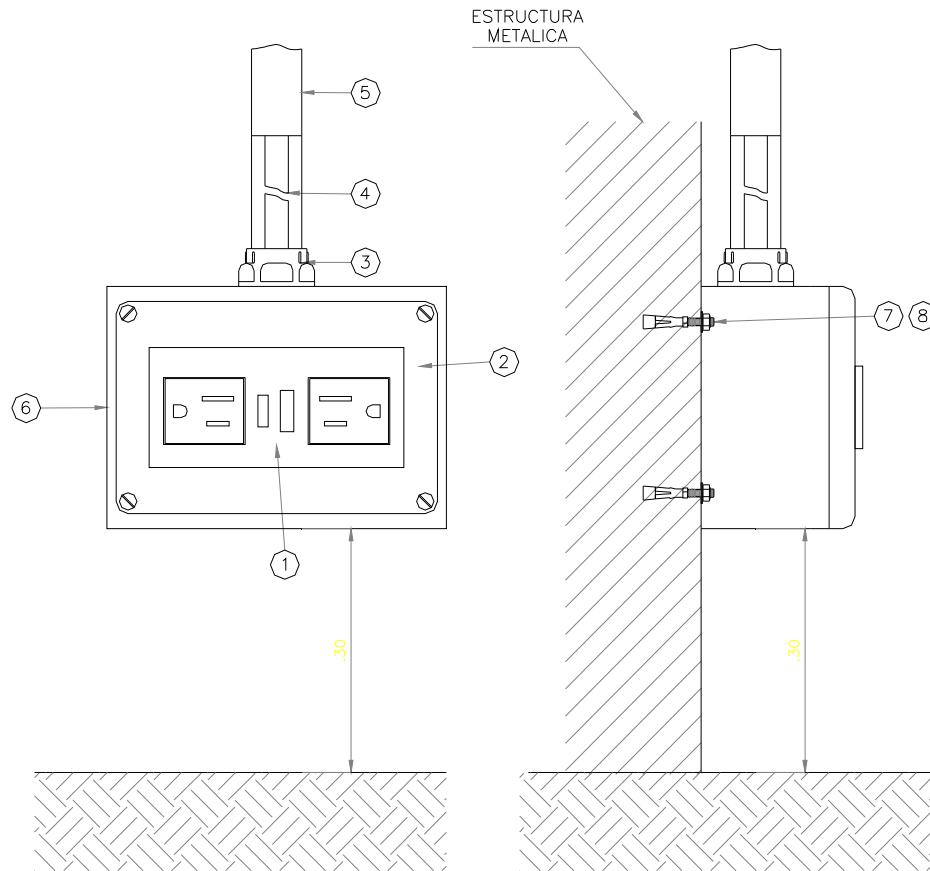


ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	PULSADOR TELEMECANIQUE			
2	1	CAJA FS			
3	1	BUSHING Y CONTRATUERCA			
4	1	CONDUCTOR			
5	1	TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
6	2	ARANDELAS, GUAZA, TUERCA 3/8"			
7	2	CHAZO EXPANSIVO 3/8"x2" HILTI O SIMILAR			
MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA DE PULSADOR DE ALUMBRADO			DIBUJO: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORO: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
			ARCHIVO		HOJA DE
			DET-09		9 11



NOTA: LOS TOMAS REGULADOS SERAN DE COLOR NARANJA

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	TOMA NORMAL A 110V-220VAC			
2	1	TAPA INTEMPERIE			
3	1	BUSHING Y CONTRATUERCA			
4	1	CONDUCTOR			
5	1	TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
6	1	CAJA FS			
7	2	CHAZO EXPANSIVO 3/8"x2" HILTI O SIMILAR			
8	2	ARANDELAS, GUAZA, TUERCA 3/8"			
MONTAJE DE TOMACORRIENTE A 110V-220VAC NORMAL Y REGULADO			DIBUJÓ: NELSON LEAL		FECHA 13-11-07
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA		ESCALA : SIN
					ARCHIVO DET-10
					HOJA DE
					10 11



ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	TOMA TIPO GFCI A 110V-220VAC			
2	1	TAPA INTEMPERIE			
3	1	BUSHING Y CONTRATUERCA			
4	1	CONDUCTOR			
5	1	TUBO CONDUIT GALVANIZADO 3/4"			
6	1	CAJA FS			
7	2	CHAZO EXPANSIVO 3/8"x2" HILTI O SIMILAR			
8	2	ARANDELAS, GUAZA, TUERCA 3/8"			
MONTAJE DE TOMACORRIENTE TIPO GFCI			DIBUJÓ: NELSON LEAL	FECHA 13-11-07	ARCHIVO
			ELABORÓ: CAROLINA LOSADA	ESCALA : SIN	DET-11
				HOJA	DE
				11	11